

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Теплоенергетичний факультет

Кафедра теоретичної і промислової теплотехніки

«На правах рукопису»  
УДК 620.9:697.32

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Г.Б.Варламов  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

на тему: «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для теплопостачання  
групи житлових будинків у м. Луцьку»

Виконав: студент II курсу, групи ТП-81мп

Нікітенко Нікіта Олегович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

— \_\_\_\_\_  
(підпис)

Науковий керівник

доцент, к.т.н., доц. Боженко М.Ф.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультант з охорона праці  
(назва розділу)

доцент, к.т.н. Каштанов С.Ф.  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет Теплоенергетичний

Кафедра Теоретичної і промислової теплотехніки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»,

ОПП «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Г.Б.Варламов  
(підпис) (ініціали, прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
Нікітенко Нікіті Олеговичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для теплопостачання групи житлових будинків у м. Луцьку»,  
науковий керівник дисертації Боженко Михайло Федорович, к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом дисертації 16.12.2019 р.

3. Об'єкт дослідження Опалювальна водогрійна котельня в м. Луцьку

4. Вихідні дані 1) Кількість житлових будинків – 11.

2) Характеристики одного будинку:

- розміри – 40х30х15 м<sup>3</sup>;

- кількість мешканців – 1260;

- кількість поверхів – 5.

3) Температурний графік теплової мережі – (95/70) °С..

4) Тип котлів – фірми ICI Caldai Greeno X.E.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1) Розрахувати теплові навантаження споживачів.

2) Розрахувати теплову схему котельні.

3) Вибрати основне та допоміжне обладнання котельні.

4) Розробити схему та вибрати обладнання хімічної водопідготовки котельні.

5) Вибрати обладнання системи газопостачання котельні.

6) Виконати аеродинамічний розрахунок газового тракту котельні.

7) Виконати розрахунки систем опалення і вентиляції котельні.

8) Розробити стартап-проект.

9) Розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1) Теплова схема котельні – 1 арк.

2) Розміщення обладнання котельні – 1 арк..

3) Розміщення трубопроводів в котельні (плани, розрізи) – 4 арк..

4) Креслення гідравлічного розподільовача-1 арк.

4) Газопостачання котельні:

- схема газопроводів – 1 арк.;

- розміщення обладнання -1 арк..

5) Система опалення (схема і розміщення обладнання) - 2 арк..

7. Орієнтовний перелік публікацій – тези доповіді.

8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Каштанов С.Ф, доцент		

9. Дата видачі завдання 4.11.2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Теплові навантаження	08.11.2019 р.	
2	Теплова схема	13.11.2019 р.	
3	Вибір обладнання	15.11.2019 р.	
4	Водопідготовка	18.11.2019 р.	
5	Газопостачання	21.11.2019 р.	
6	Аеродинамічні розрахунки газоходів	25.11.2019 р.	
7	Опалення та вентиляція	26.11.2019 р.	
8	Розробка стартап-проекта	27.11.2019 р.	
9	Охорона праці	29.11.2019 р.	
10	Креслення		
10.1	Теплова схема котельні	20.11.2019 р.	
10.2	Розміщення обладнання	25.11.2019 р.	
10.3	Розміщення трубопроводів	29.11.2019 р.	
10.4	Гідравлічний розподільовач	30.11.2019 р.	
10.5	Газопостачання котельні	01.12.2019 р.	
10.6	Система опалення	03.12.2019 р.	
11	Оформлення пояснювальної записки	04.12.2019 р.	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Н.О. Нікітенко

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
(підпис)

М.Ф. Боженко

(ініціали, прізвище)

\* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

# **Пояснювальна записка**

**до магістерської дисертації**

**за освітньо-професійною програмою**

на тему: «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для  
теплопостачання групи житлових будинків у м. Луцьку»

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою підготовки на тему: «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для теплопостачання групи житлових будинків у м. Луцьку» 104 с., 20 рис., 23 табл., 4 дод., 15 джерел, 11 креслеників формату А1.

Об'єкт розробки – районна водогрійна котельня.

Мета роботи – реконструкція котельні з метою безперебійного теплопостачання мешканців житлового масиву гарячою водою на системи опалення та гаряче водопостачання.

Наведені розрахунки втрат теплоти приміщення у холодний період року та надходження теплоти і вологи до них.

Існуюча система вентиляції котельні запроектована для умов асиміляції теплонадходжень від працюючого обладнання та забезпечення трьохкратного повітрообміну за годину. Вентиляція котельного залу запроектована припливно-витяжна з природним побудженням.

Опалення котельного залу передбачено за рахунок теплонадлишків від технологічного обладнання та системи опалення котельні. Для опалення котельної зали встановлено один опалювальний агрегат Premium ECO E40. Опалення побутових приміщень забезпечується існуючою радіаторною системою опалення.

Розроблений стартап-проект, в результаті техніко-економічних розрахунків показано, що реконструкція котельні дає економічний ефект.

Результати роботи упроваджені в ДКП «Луцьктепло», апробація роботи: доповідь на XVII Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених та студентів. КПІ ім. І. Сікорського, 23-26 квітня 2019 р.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** котельня, реконструкція, опалення, гаряче, водопостачання, вентиляція, теплові, втрати, котел, теплопостачання, димова, труба, теплообмінник, насос, арматура, зворотній, клапан, втрати.

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

4

## SUMMARY

Master's Thesis for Master's Degree in Educational and Professional Training Program on the topic: "Reconstruction of a heating water boiler for heat supply of a group of residential buildings in Lutsk", 104 p., 20 fig., 23 table, 4 app., 15 sc., 1 A1 format drawings.

The object of development is a district boiler.

The purpose of the work is the reconstruction of the boiler house for the purpose of uninterrupted heat supply of the residents of the residential area with hot water to the heating systems and hot water supply.

The calculations of the heat loss of the room in the cold period of the year and the receipt of heat and humidity to them are given.

The existing boiler room ventilation system is designed for the conditions of assimilation of heat from the operating equipment and for providing three times air exchange per hour. The ventilation of the boiler room is designed with a naturally aspirated inlet and outlet.

Heating of the boiler room is provided at the expense of heat surpluses from technological equipment and boiler heating system. One Premium ECO E40 heating unit is installed to heat the boiler room. Household heating is provided by an existing radiator heating system.

A startup project has been developed, as a result of technical and economic calculations it is shown that the reconstruction of the boiler room gives an economic effect.

The results of the work were implemented at the SSC "Lutskteplo", and the work was approved by a report on International scientific-practical conference of young students and students. KPI im. I. Sikorsky, 23-26 april 2019 year.

**KEY WORDS:** boiler room, reconstruction, heating, hot, water supply, ventilation, heat, losses, boiler, heat supply, smoke, pipe, heat exchanger, pump, fittings, non-return, valve, losses.

Зам. інв.							ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
Підпис та дата								5
Інв. №								
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата			

## РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация на соискание степени магистра по образовательно-профессиональной программе подготовки на тему: «Реконструкция отопительной водогрейной котельной для теплоснабжения группы жилых домов в г. Луцке» 104 с., 20 рис., 23 табл., доп., 15 источников, 11 чертежей формата А1.

Объект разработки - районная водогрейная котельная.

Цель работы - реконструкция котельной с целью бесперебойного теплоснабжения жителей жилого массива горячей водой на системы отопления и горячего водоснабжения.

Приведенные расчеты теплопотерь помещения в холодный период года и поступления теплоты и влаги к ним.

Существующая система вентиляции котельной запроектирована для условий ассимиляции тепlopоступлений от работающего оборудования и обеспечения трехкратного воздухообмена в час. Вентиляция котельного зала запроектирована приточно-вытяжная с естественным побуждением.

Отопление котельного зала предусмотрено за счет теплоизбытков от технологического оборудования и системы отопления котельной. Для отопления котельной залы установлен один отопительный агрегат Premium ECO E40. Отопления бытовых помещений обеспечивается существующей радиаторной системой отопления.

Разработанный стартап-проект, в результате технико-экономических расчетов показано, что реконструкция котельной дает экономический эффект/

Результаты работы внедрены в ГКП «Луцктепло», апробация работы осуществлена докладом на Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов. КПИ им. И. Сикорского, 23-26 апреля 2019 г.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** котельная, реконструкция, отопление, горячее, водоснабжение, вентиляция, тепловые, потери, котел, теплоснабжение, дымовая, труба, теплообменник, насос, арматура, обратный, клапан, потери.

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

6

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень, термінів.....	10
Вступ .....	13
1 Характеристика об'єкта .....	14
1.1 Існуючий стан .....	14
1.2 Проектний стан .....	14
1.3 Вихідні дані .....	15
2 Розріхунки теплових навантажень споживачів. ....	17
2.1 Витрати теплоти на опалення.....	17
2.2 Витрати теплоти на гаряче водопостачання .....	23
2.3 Висновки зрозділу 2 .....	26
3 Теплова схема котельні .....	27
3.1 Опис теплової схеми котельні .....	27
3.2 Вихідні дані для розрахунку теплової схеми .....	29
3.3 Розрахунок теплової схеми котельні .....	31
4 Вибір основного та допоміжного обладнання .....	33
4.1 Вибір котлів.....	33
4.2 Вибір насосів.....	35
4.3 Вибір теплообмінників.....	45
4.4 Водопідготовка .....	54
4.5 Висновки з розділу 4 .....	61
5 Газопостачання .....	62
5.1 Вихідні дані .....	62
5.2 Підстава для виконання проекту .....	62

Зам. інв. №									
Підпис та дата									
Інв. №							ТП 81мп 28 08 ПЗ		
	Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата			
	Студент	Нікітенко					Опалювальна водогрійна котельня у м. Луцьку. Реконструкція. Пояснювальна записка	Стадія	Аркуші
	Керівник	Боженко						МДп	7
	П.конт.							КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТЕФ, Кафедра ТПТ	
	Н.контр.	Боженко							
	Зав.каф.	Варламов							



5.3 Проектні рішення.....	62
5.4 Вибір лічильника та розрахунок діапазону вимірювання ВОГ згідно ТУ .....	64
5.5 Підготовка ВОГ до помбування .....	65
5.6 Визначення діаметрів газопроводу .....	65
5.7 Висновки з розділу 5 .....	67
6 Опалення та вентиляція.....	68
6.1 Загальна частина .....	68
6.2 Вихідні дані .....	68
6.3 Теплові надходження .....	68
6.4 Вентиляція .....	69
6.5 Опалення.....	70
7 Аеродинамічний розрахунок .....	72
7.1 Вихідні дані .....	72
7.2 Розрахунок.....	72
7.3 Висновки з розділу 7 .....	73
8 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	74
8.1 Технічні рішення.....	74
8.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії ..	78
8.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	80
8.4 Висновки з розділу 8 .....	86
9 Розробка стартап-проекту .....	87
9.1 Загальні відомості .....	87
9.2 Організація проекту.....	87
9.3 Ключові види діяльності проекту .....	87
9.4 Ціннісні пропозиції та споживачі.....	89
9.5 Обґрунтування ресурсів та витрат проекту .....	92
9.6 Висновки з розділу 9 .....	97

Зам. інв. №		Підпис та дата		Інв. №		ТП 81мп 28 08 ПЗ						Арк.
												8
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата							

Висновки.....	98
Список використаної літератури.....	99
Додатки	
Додаток А	
Результат перевірки на плагіат .....	100
Додаток Б	
Акт впровадження результатів магістерської дисертації .....	101
Додаток В	
Технічне завдання на проектно-конструкторську розробку .....	102

Інв. №	Підпис та дата	Зам. інв. №							ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
										9
			Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

# ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

## Умовні позначення:

$Q$  – тепловий потік, кількість теплоти;

$k$  – коефіцієнт теплопередачі;

$F$  – площа поверхні;

$\Delta t$  – температурний перепад;

$t$  – температура;

$L$  – довжина;

$V$  – об'єм;

$G$  – витрата;

$m$  – кратність повітрообміну;

$\rho$  – густина;

$c$  – теплоємність;

$\omega$  – швидкість;

$f$  – площа поперечного перерізу каналу;

$d$  – діаметр трубопроводу.

## Індекси:

- Нижні:

о – опалення;

макс – максимальний;

сер – середній;

вн – внутрішній;

р – розрахункова;

річн – річна;

п – повітря;

гв – гаряча вода;

хв – холодна вода;

зовн – зовнішній;

сист – система;

вит – витікання;

м.п – мережевий підігрівник;

в.к – водогрійний котел;

пер – перепуск;

рец – рециркуляція;

зав – завантаження;

м – мережа;

мн – мережний насос;

в – вода;

тр – трубопроводи.

- Верхні:

л – літній період;

ж – житлові;

тах – максимальний;

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

10

в – відпуск;

д – дійсна;

ном – номінальна;

р – робоче;

в.п – власні потреби;

м – мережа.

гв – гаряча вода;

### Скорочення:

ГВП – гаряче водопостачання;

ХВП – хім. водопідготовка;

ТОА – теплообмінний апарат;

ККД – коефіцієнт корисної дії (енергетичний).

Зам. інв. №		Підпис та дата		Інв. №								ТП 81мп 28 08 ПЗ		Арк.
														11
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата									

## ВСТУП

Системи теплопостачання в залежності від потужності поділяються на автономні, децентралізовані, помірно-централізовані, централізовані.

Джерелом теплопостачання споживачів можуть бути ТЕЦ, котельні або альтернативні джерела енергії.

Котельні за потужністю системи теплопостачання поділяються на районні, квартальні або групові, індивідуальні.

В системах централізованого та помірно-централізованого теплопостачання можуть використовуватися: промислові, опалювальні, промислово-опалювальні котельні.

За типом котлів, котельні можуть бути водогрійними, паровими та паро-водогрійними, в яких використовуються водогрійні котли низької, середньої та великої теплопродуктивності або парові котли низького та середнього тиску невеликої та середньої паропроодуктивності.

В котельнях використовується такий вид палива: тверде паливо, рідке, газоподібне або комбіноване.

За надійністю теплопостачання котельні можуть відноситись до першої або другої категорії.

За системою теплопостачання котельні можуть працювати на закриту або відкриту систему.

В магістерській дисертації здійснюється реконструкція опалювальної водогрійної котельні для теплопостачання групи житлових будинків у м. Луцьку, яка передбачає заміну існуючого обладнання з встановленням трьох водогрійних газових котлів фірми "Ici Caldaie" типу GREENOx.e. замість демонтованого існуючого обладнання.

Встановлені котли обладнуються автоматизованим пальником з модульним регулюванням спалювання газу фірми "Weishaupt".

Дисертація розроблена для умов будівництва з розрахунковими температурами зовнішнього повітря у м. Луцьку, що прийняті згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 "Будівельна кліматологія".

За розміщенням споруда котельні – окремо розташована.

Робота котельні передбачається цілий рік в автоматичному режимі з постійним обслуговуючим персоналом.

Система теплопостачання – замкнута, чотирихотрубна, для теплозабезпечення систем опалення та ГВП.

Паливо – природний газ по ГОСТ 5542-87 з нижчою теплотою згоряння 33700 кДж/м³. Резервне паливо – не передбачається.

За надійності відпуску теплоти споживачі та котельня, що реконструюється, відносяться до II категорії.

Котельня, що розробляється, забезпечує теплотою у вигляді гарячої води існуючих споживачів.

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

13

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА

## 1.1 Існуючий стан

В котельні встановлено:

4 газові водогрійні котли НИИСТУ-5,0 потужністю по 0,540 МВт кожний..

Водогрійні котли НИИСТУ-5 вичерпали свій ресурс експлуатації, а також характеризуються низькою енергетичною ефективністю (ККД складає біля 69 %), тому потребують заміни.

Циркуляцію теплоносія в системі теплопостачання забезпечують мережні насоси:

- тип K50/80T, потужністю  $N=15$  кВт – 2 шт..

Обробка підживлювальної води для системи теплопостачання здійснюється по схемі двоступеневого Na-катіонування.

Підживлення системи теплопостачання забезпечує підживлювальний насос:

- тип K20/30 витратою води  $G = 20$  м³/год, напором  $H = 30$  м.вод.ст., потужністю  $N = 4$  кВт – 3шт.

Циркуляція гарячої води забезпечується насосами ГВП:

- тип K20/30  $G = 20$  м³/год,  $H = 30$  м.вод.ст.,  $N = 4$  кВт – 2 шт;

- тип 2К-9  $G = 20$  м³/год,  $H = 30$  м.вод. ст.,  $N = 4$  кВт – 2 шт.

Відведення димових газів відбувається за допомогою газоходів в цегляну димову трубу висотою 20 м та розмірами 1000 x 1000 мм.

Джерелом газопостачання котельні є існуючий внутрішньо-площадковий газопровід низького тиску діаметром  $DN 100$  мм.

Будівля забезпечена всіма інженерними мережами, у тому числі: водопостачанням, водовідведенням, каналізацією, електропостачанням, газопостачанням.

Ввідний водопровід діаметром  $DN 100$  мм. На ввіді водопроводу встановлено водомірний вузол з лічильником.

В котельні передбачено господарчо-побутову каналізацію, до якої підключаються санітарні прилади з побутових приміщень для обслуговуючого персоналу.

Система дренажних трубопроводів від обладнання забезпечує відведення стічних вод в існуючий колодязь.

## 1.2 Проектний стан

Згідно технічного завдання, робочим проектом в існуючій котельній за адресою м. Луцьк, по вул. Дубнівська, 32-б, передбачається:

- демонтаж всіх існуючих водогрійних котлів НИИСТУ-5 та всього допоміжного обладнання;

- встановлення трьох водогрійних газових котлів фірми "Ici Caldaie" тип GREENOx.e.70 потужністю 700 кВт. Кожний котел обладнується автоматизованим пальником з модульним

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

14

регулюванням спалювання газу та низькими викидами фірми "Weishaupt";

- встановлення допоміжного обладнання, регулюючої та запірної арматури;
- встановлення нової димової труби з нержавіючої сталі фірми «Версія-Люкс».

Для забезпечення енергоефективності в проекті передбачені наступні заходи з енергозбереження:

- застосування ефективних водогрійних котлів з ККД не нижче 93%;
- плавне регулювання процесу спалення газу;
- погодне залежне регулювання відпуску теплоти до споживача;
- використання димових труб в нержавіючому виконанні, теплоізованих в нержавіючому кожусі;

- підживлення систем тепlopостачання пом'якшеною водою;
- насосне обладнання та вентилятор пальника з частотним регулюванням;
- автоматичне регулювання параметрів роботи котлів та допоміжного обладнання котельні за

рахунок комплексної автоматизації технологічного процесу;

- встановлення контрольно-вимірювальних приладів параметрів роботи котельні;
- покриття сучасною тепловою ізоляцією обладнання, трубопроводів теплоносіїв та газоходів

з температурою поверхні більше ніж 45 °С;

- автоматичну роботу котельні, з виведенням контрольних та аварійних сигналів в приміщення з постійним перебуванням персоналу.

### 1.3 Вихідні дані

1) Спочатку для м. Луцька за [1] визначаю кліматологічні дані:

а) тривалість опалювального періоду  $n_o = 180$  діб;

б) розрахункова температура зовнішнього повітря для опалювання в холодний період року  $t_{p.o.} = -20$  °С;

в) середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період  $t_{ср.o.} = 0,3$  °С;

г) середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця  $t_{ср.х.м} = -4,2$  °С.

2) Кількість житлових будинків – 11.

а) Для одного будинку:

- кількість поверхів – 5;
- розміри будинку – 40 х 30 х 15 м х м х м;
- опалюваний об'єм – 18000 м<sup>3</sup>;
- кількість споживачів гарячої води – 225 людей;
- кількість водорозбірних приладів – 260 шт;
- матеріал стін: пінобетон, облицьований цеглою;
- матеріал перекриття: збірні залізобетонні плити;

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

15

- б) Паливо – природный газ.



Рисунок 1.1 – Котельня, що реконструюється

Інв. №							Арк.						
								Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата
Підпис та дата							16						
Зам. інв.													



## 2 РОЗРАХУНКИ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ СПОЖИВАЧІВ

Котельня постачає гарячу воду на опалення та гаряче водопостачання споживачів житлового комплексу.

Нижче наведені розрахунки максимальних, середніх та річних витрат теплоти на опалення і середніх за опалювальний період, середніх в літній період, річних витрат теплоти на гаряче водопостачання.

### 2.1 Витрати теплоти на опалення

#### 2.1.1 Розрахункова (максимальна) витрата теплоти на опалення

Цю витрату визначаю за точною методикою, тобто за втратами зовнішніми огороженнями.

Для розрахунку теплових втрат використовую формулу, що рекомендована в [2]

$$Q_{\text{втр}} = \sum Q_{\text{обг}} + Q_{\text{інф}}, \quad (2.1)$$

де  $\sum Q_{\text{обг}}$  – сумарні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції (зовнішні стіни, вікна, зовнішні двері, перекриття для останнього поверху, підлогу для першого поверху), кВт [2];

$Q_{\text{інф}}$  – витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить до приміщення через нещільності в огороженнях, а також при провітрюванні приміщень, кВт.

Втрати теплоти через окремі огороження визначаються за формулою

$$Q_{\text{обг},i} = K \cdot F_i \cdot \Delta t_i \cdot \left(1 + \sum \beta_i\right) \cdot n_i \cdot 10^{-3}, \quad (2.2)$$

де  $K$  – приведений опір теплопередачі  $i$ -го обгородження, Вт/(м<sup>2</sup>·К) (див. табл.2.1);

$\Delta t$  – різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям °С;

$n_i$  – поправка на розрахункову різницю температур, що залежить від геометричного положення обгородження;

$\beta_i$  - додаткові втрати теплоти в частках до основних.

Коефіцієнти теплопередачі огорожень визначаю згідно з архітектурними даними:

##### 2.1.1.1 Зовнішні стіни (див. рис. 2.1)

Отже, коефіцієнт теплопередачі через огорожувальні конструкції розраховую за наступною формулою

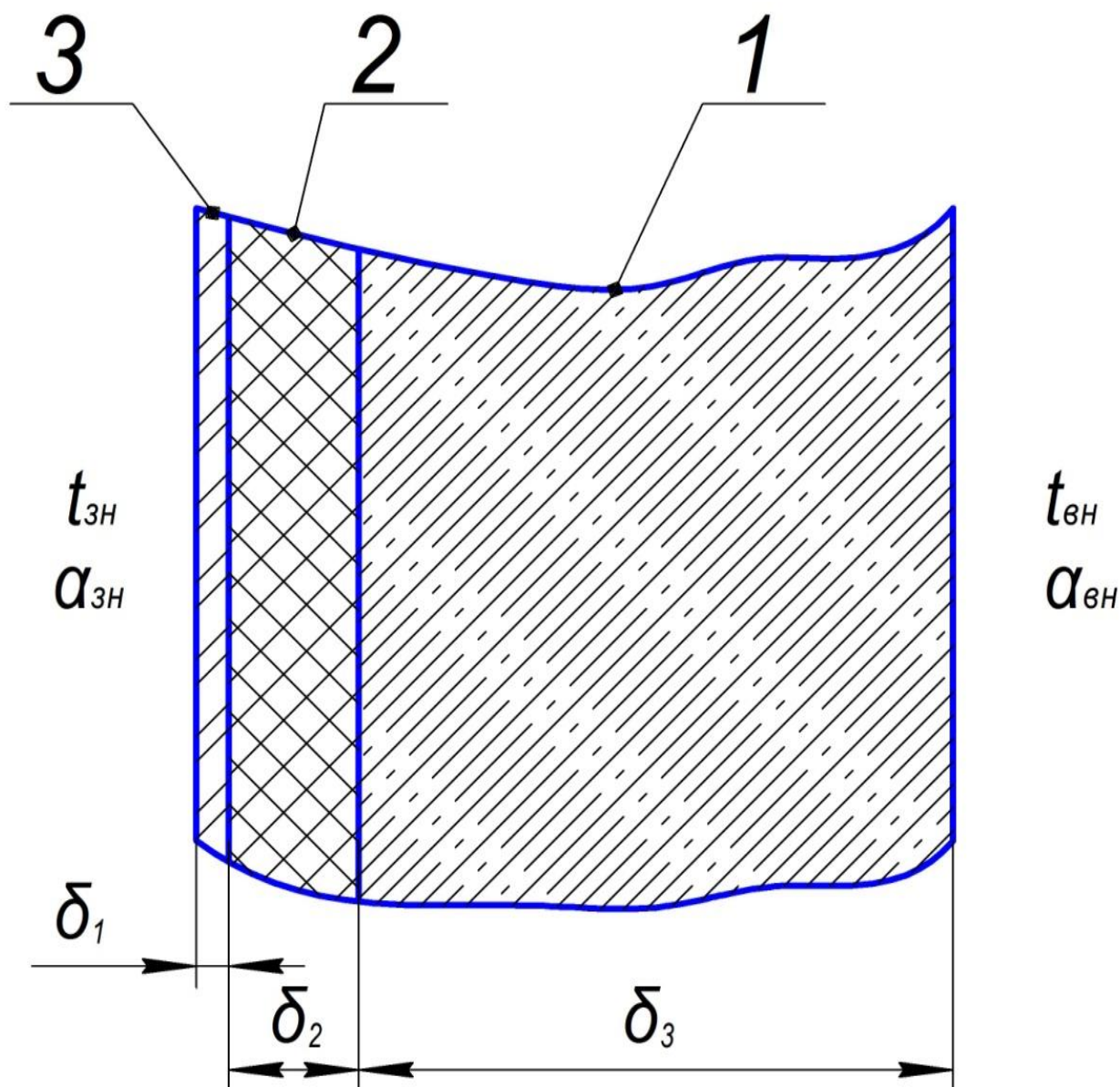
$$k_{\text{обг}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{зн}}}}, \quad (2.3)$$

де  $\alpha_{\text{вн}}$ ,  $\alpha_{\text{зн}}$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішніх і зовнішніх поверхонь огорожувальних конструкцій, Вт/(м<sup>2</sup>·К) (рекомендовано  $\alpha_{\text{вн}} = 8,7$  Вт/(м<sup>2</sup>·К),  $\alpha_{\text{зн}} = 23$  Вт/(м<sup>2</sup>·К)).

Підставивши значення відповідних величин, отримую

Зам. інв.							
Підпис та дата							
Інв. №							
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата	ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк. 17

$$k_{\text{обр}} = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,53}{1,51} + \frac{0,1}{0,042} + \frac{0,04}{3,2} + \frac{1}{23}} = 0,344 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$



1 – монолітна залізобетонна стіна :  $\delta_1 = 0,53$  м;

2 – утеплювач :  $\delta_2 = 0,10$  м;

3 – навісна фасадна система:  $\delta_3 = 0,04$  м.

Рисунок 2.1 – Фрагмент зовнішньої стіни

#### 2.1.1.2 Перекриття (див. рис.2.2)

Таким чином, коефіцієнт теплопередачі через перекриття

$$k_{\text{пер}} = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{1,1} + \frac{0,2}{0,17} + \frac{0,53}{1,51} + \frac{1}{23}} = 0,58 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

Зам. інв.

Підпис та дата

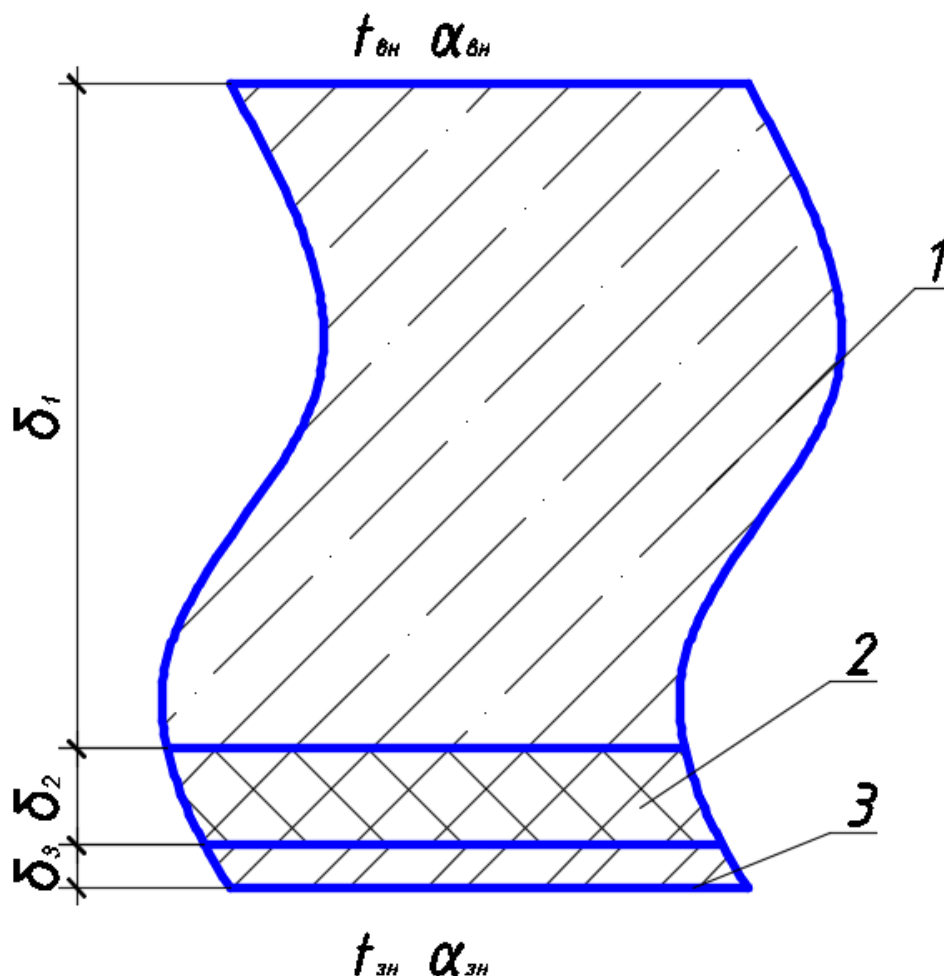
Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

18



1 – залізобетонна плита перекриття :  $\delta_1 = 0,53$  м,  $\lambda_1 = 1,51$  Вт/(м·°C);

2 – єврорубероїд на бітумній мастиці :  $\delta_2 = 0,2$  м,  $\lambda_2 = 0,17$  Вт/(м·°C);

3 – атмосферостійка керамічна плитка :  $\delta_3 = 0,03$  м,  $\lambda_3 = 1,1$  Вт/(м·°C).

Рисунок 2.2 – Фрагмент **переkritтя**

#### 2.1.1.3 Розрахункова різниця температур

Оскільки висота приміщень житлових будівель менша за 4 м, то розрахункову різницю температур визначаю за формулою

$$\Delta t = t_{вн} - t_{p.o.}, \quad (2.4)$$

де  $t_{вн}$  – температура повітря всередині опалювального приміщення, °C.

Беру  $t_{вн} = 20$  °C, тоді

$$\Delta t = 20 - (-20) = 40 \text{ °C}.$$

#### 2.1.1.4 Додаткові втрати теплоти в частках до основних $\Sigma \beta$ :

Згідно з [1] додаткові втрати теплоти в Україні враховуються тільки на швидкість вітру та її повторюваність.

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

19

Цей параметр буде врахований при швидкості вітру більше як 4,5 м/с і повторюваності більше як 15%.

Оскільки в м. Луцьку для всіх напрямків орієнтації приміщень, окрім Південно-Західного та Західного середня швидкість вітру менше за 4,5 м/с, і повторювальність менша за 15% [1], то для південно-західної і західної орієнтації огорожень  $\Sigma\beta = 0,05$ , для решти напрямків  $\Sigma\beta = 0$ .

#### 2.1.1.5 Визначення теплових втрат через підлогу

Підлога поділяється на 4 зони, ширина кожної з яких по 2 м, розбивка представлена на рисунку 2.3.

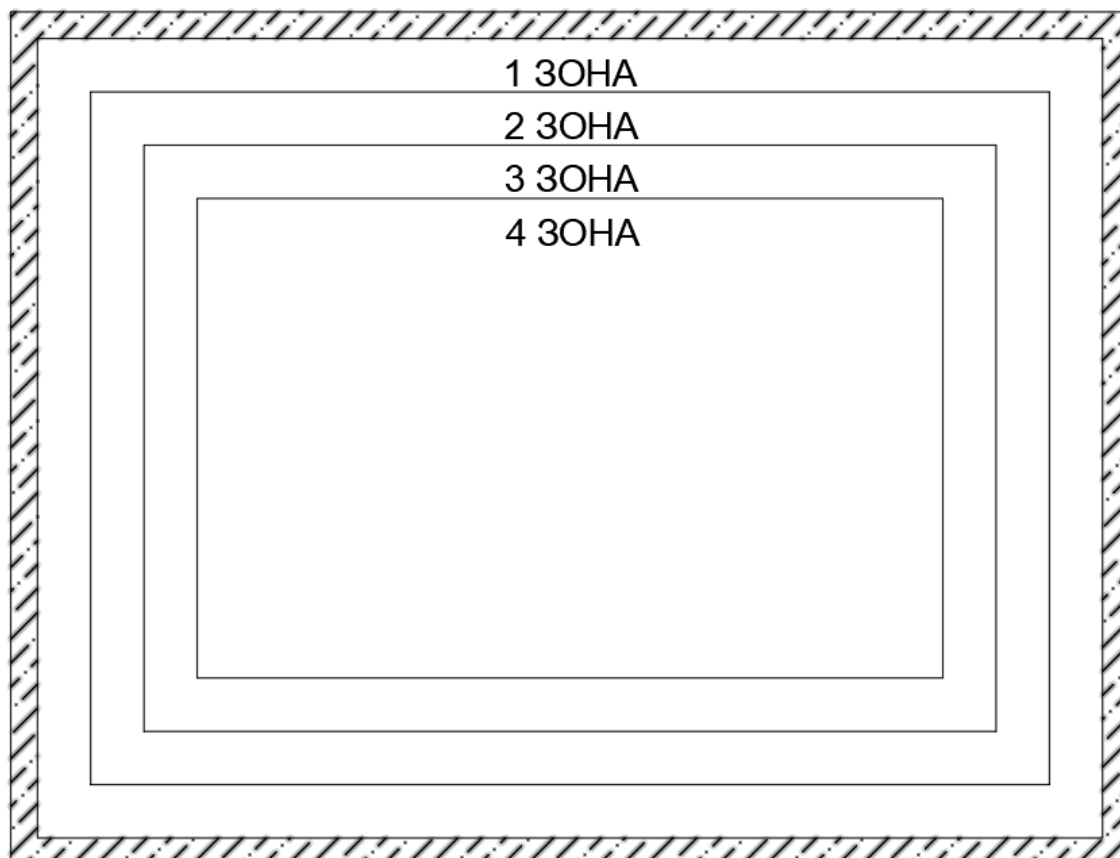


Рисунок 2.3 – Поділ площі підлоги на зони

За умовою розміри підлоги : 40 х 30 м х м ,відповідно площі зон:

- $F_I = 264 \text{ м}^2$ ;
- $F_{II} = 232 \text{ м}^2$ ;
- $F_{III} = 200 \text{ м}^2$ ;
- $F_{IV} = 504 \text{ м}^2$ .

Термічні опори теплопередачі окремих зон неутепленої підлоги (згідно з довідковою літературою [2]) розраховуються за формулою

$$r_{y.n.} = r_{n.l.} + \sum \frac{\delta_{ш.у.}}{\lambda_{ш.у.}}, \quad (2.5)$$

де  $r_{y.n.}$  - термічний опір теплопередачі утепленої зони, (м<sup>2</sup>·К) / Вт

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

20

$r_{н.п.}$  - термічний опір теплопередачі неутепленої зони, (м<sup>2</sup>·К) / Вт;

$\delta_{ш.у.}$  - товщина шару утеплення, в нашому випадку  $\delta_{ш.у.} = 0,01$  м ;

$\lambda_{ш.у.}$  - теплопровідність і шару утеплення, в нашому випадку  $\lambda_{ш.у.} = 0,035$  Вт/(м·К).

Відповідно, термічні опори для різних зон складають:

- для першої зони -  $r_1 = 2,15 + \frac{0,01}{0,035} = 2,4$  ( м<sup>2</sup> ·К)/Вт ;
- для другої зони -  $r_2 = 4,3 + \frac{0,01}{0,035} = 4,6$  ( м<sup>2</sup> ·К)/Вт;
- для третьої зони -  $r_3 = 8,6 + \frac{0,01}{0,035} = 8,9$  ( м<sup>2</sup> ·К)/Вт;
- для четвертої зони -  $r_4 = 14,2 + \frac{0,01}{0,035} = 14,5$  ( м<sup>2</sup> ·К)/Вт.

Теплові втрати :

-для першої зони

$$Q_{nI} = \frac{1}{2,4} \cdot 264 \cdot (20 - (-20)) \cdot 10^{-3} = 4,4 \text{ кВт};$$

-для другої зони

$$Q_{nII} = \frac{1}{4,6} \cdot 232 \cdot (20 - (-20)) \cdot 10^{-3} = 2,02 \text{ кВт};$$

-для третьої зони

$$Q_{nIII} = \frac{1}{8,9} \cdot 200 \cdot (20 - (-20)) \cdot 10^{-3} = 0,9 \text{ кВт};$$

-для четвертої зони

$$Q_{nIV} = \frac{1}{14,5} \cdot 504 \cdot (20 - (-20)) \cdot 10^{-3} = 1,39 \text{ кВт}.$$

- сумарні втрати теплоти через підлогу

$$Q_n = Q_{nI} + Q_{nII} + Q_{nIII} + Q_{nIV} = 4,4 + 2,02 + 0,9 + 1,39 = 8,71 \text{ кВт}.$$

2.1.1.6 Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції

$$\sum Q_{обг} = Q_{ст} + Q_{вік} + Q_{пер} + Q_n. \quad (2.6)$$

Розрахунок втрат теплоти через огорожуючі конструкції зведено в таблицю 2.1.

2.1.1.7 Витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, для одного поверху,  $Q_{інф}$ , кВт

$$Q_{інф} = (m_o/3600) c_n \rho_n F_n h (t_{вн} - t_{p.o}), \quad (2.7)$$

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

21

Таблиця 2.1 - Результати розрахунків втрат теплоти

Зовнішнє огоро- дження	Орієнта- ція за сторонами світу	Поверхня огородження $F_i, \text{м}^2$	Розрахункова різниця температур $\Delta t_i, ^\circ\text{C}$	Коефіцієнт теплопере- дачі $K_i,$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$	Додатко- ві втрати теплоти $\Sigma \beta$	Втрати теплоти через ого- родження $Q_{\text{обг.}i}, \text{кВт}$
Зовнішня стіна	Пн	570	40	0,344	0	7,84
Вікна	Пн	30	40	2,6	0	3,12
Зовнішня стіна	Пд	538	40	0,344	0	7,4
Вікна	Пд	62	40	2,6	0	6,45
Зовнішня стіна	Зх	330	40	0,344	0,05	11,14
Вікна	Зх	120	40	2,6	0,05	14,88
Зовнішня стіна	Сх	320	40	0,344	0	4,4
Вікна	Сх	80	40	2,6	0	8,32
Перекриття останнього поверху	-	1200	40	0,58	0	27,84
Підлога 1го поверху	-	1200	40	-	-	8,71
Сумарні теплові втрати через огородження приміщення						100,1

де  $c_n$  – питома масова теплоємність повітря,  $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ , яку можна взяти  $1,005 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$  [1];

$m_{\text{об}}$  – кратність повітрообміну, 1/год. За технічним завданням  $m_{\text{об}} = 0,5$  1/год;

$\rho_n$  – густина повітря,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , яку наближено беру  $1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$  [1];

$F_n$  – площа підлоги приміщення,  $\text{м}^2$  (див. табл.2.1);

$h$  – висота приміщення від підлоги до стелі, м. Беру згідно з проектом будівлі 3 м.

$$Q_{\text{інф}} = (0,5/3600) \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1200 \cdot 3 \cdot (20 - (-20)) = 25,2 \text{ кВт.}$$

2.1.1.8 Загальні втрати теплоти для 11 будівель

$$\Sigma Q_{\text{заг}} = (\Sigma Q_{\text{обг}} + Q_{\text{інф}}) \cdot 11; \quad (2.8)$$

$$\Sigma Q_{\text{заг}} = (100,1 + 25,2) \cdot 11 = 1267,42 \text{ кВт.}$$

2.1.2 Середня витрата теплоти на опалення

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

22

Для будівлі будь-якого призначення середня витрата теплоти на опалення, кВт, визначається за формулою

$$Q_{cp.o} = Q_{втр} \frac{t_{вн} - t_{cp.o}}{t_{вн} - t_{p.o}}; \quad (2.9)$$

$$Q_{cp.o} = 1267,42 \cdot \frac{20 - (0,3)}{20 - (-20)} = 624,2 \text{ кВт}.$$

2.1.3 Річна витрата теплоти на опалення, МДж/рік, визначається за формулою

$$Q_{річ.o} = Q_{cp.o} \cdot n_o \cdot 24 \cdot 3,6; \quad (2.10)$$

$$Q_{річ.o} = 624,2 \cdot 180 \cdot 24 \cdot 3,6 = 9,71 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік}.$$

## 2.2 Витрати теплоти на гаряче водопостачання

Розрахунок виконано згідно з ДБН В.2.5-64:2012, ДБН 360-92, ДБН В.2.5-74:2013.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані (для одного будинку)

Найменування параметра	Позначення	Одиниця	Значення
Кількість квартир, що обслуговуються від котельні	$N_{прим}$	од.	65
Кількість мешканців-споживачів	$U_{спож}$	людей	225
Кількість сан.-технічних приладів у приміщенні	$N_{прил}$	шт.	4
Кількість годин споживання гарячої води за добу	$T$	год.	24
Середня норма витрати води за добу	$g_{вит.доб}$	кг/добу	105
Норма витрати за добу найбільшого водоспоживання	$g_{сп}$	кг/добу	120
Секундна норма витрати води	$g$	кг/с	0,2
Норма витрати води в годину найбільшого водоспоживання	$g_{вит.год}$	кг/год	10

2.2.1 Секундна витрата води усіх під'єднаних водозабірних приладів

$$G_c = 5 \cdot g \cdot a, \quad (2.11)$$

де  $a$  – безрозмірна величина.

Величину  $a$  визначаю в залежності від загальної кількості  $N$  водорозбірних приладів, що живляться на розрахунковій ділянці, і вірогідності їх дії за годину найбільшого водоспоживання  $P$ , розраховується за формулою

$$a = 0,2 + 0,777 \cdot (N \cdot P \cdot 0,015)^{0,686}. \quad (2.12)$$

2.2.2 Визначення загальної кількості приладів  $N$ , шт

$$N = N_{прим} \cdot N_{прил}, \quad (2.13)$$

$$N = 65 \cdot 4 = 260 \text{ шт.}$$

2.2.3 Ймовірність дії санітарно – технічних приладів  $P$

Зам. інв.	
Підпис та дата	
Інв. №	

						ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
							23
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

$$P = \frac{U_{\text{спож}} \cdot g_{\text{вир.год}}}{g \cdot N \cdot 3600}; \quad (2.14)$$

$$P = \frac{225 \cdot 10}{0,2 \cdot 260 \cdot 3600} = 0,016.$$

Тоді після підстановки величин  $N$  і  $P$  в формулу (2.12) отримаємо величину  $\alpha = 0,3$ .

Тоді секундна витрата води дорівнює

$$G_c = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,3 = 0,3 \text{ кг/с.}$$

2.2.4 Розрахункова витрата гарячої води за годину найбільшого водоспоживання [2]

$$G_{\text{год}} = 18 \cdot 10^3 \cdot g \cdot K_{\text{вир}} \cdot \alpha_{\text{год}}, \quad (2.15)$$

де  $K_{\text{вир}}$  – коефіцієнт використання водорозбірного приладу за годину найбільшого водоспоживання.

2.2.5 Ймовірність використання водозабірних приладів [2]

$$P_{\text{год}} = P / K_{\text{вир}}; \quad (2.16)$$

$$P_{\text{год}} = 0,016 / 0,28 = 0,06.$$

Тоді

$$\alpha = 0,2 + 0,777 \cdot (260 \cdot 0,06 \cdot 0,015)^{0,686} = 0,44.$$

$$G_{\text{год}} = 18 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 0,28 \cdot 0,44 = 443,52 \text{ кг/ год.}$$

2.2.6 Циркуляційні витрати гарячої води у системі ГВП

$$q_{\text{цпр}} = \frac{Q_{\text{втр}}^{\text{мп}}}{4,187 \cdot \Delta t}; \quad (2.17)$$

де  $Q_{\text{втр}}$  - втрати теплоти у трубопроводах ГВП, кВт;

$\Delta t$  - різниця температур у подавальному трубопроводі системи від нагрівача до найбільш віддаленого водозабірної приладу, °C. Беру  $\Delta t = 10^\circ \text{C}$ .

2.2.7 Середньогодинна витрата теплоти на ГВП без врахування втрат теплоти трубопроводами, кВт

$$Q_{\text{ср}}' = 1,16 \cdot q_{\text{ср}} \cdot (55 - 5), \quad (2.18)$$

де  $q_{\text{ср}}$  – середньо-годинна витрата води за добу максимального водоспоживання, м³/год [2].

$$q_{\text{ср}} = \frac{g_{\text{сп}} \cdot U_{\text{спож}}}{1000 \cdot T}; \quad (2.19)$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{120 \cdot 225}{1000 \cdot 24} = 1,125 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$Q_{\text{ср}}' = 1,16 \cdot 1,125 \cdot (55 - 5) = 65,25 \text{ кВт.}$$

Втрати тепла у трубопроводах беру для систем з ізольованими стояками у розмірі 25% від середньо-годинного теплового потоку.

$$Q_{\text{втр}}^{\text{мп}} = 0,25 \cdot Q_{\text{ср}}';$$

Зам. інв.					
Підпис та дата					
Інв. №					
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата
ТП 81мп 28 08 ПЗ					Арк.
					24



$$Q_{втр}^{mp} = 0,25 \cdot 65,25 = 16,31 \text{ кВт} ;$$

$$G_{цир} = 16,31 / (4,187 \cdot 10) = 0,39 \text{ кг/с.}$$

2.2.8 Об'ємна витрата циркуляційної води

$$V_{год}^{цирк} = 0,39 \cdot 3,6 = 1,4 \text{ м}^3/\text{год.}$$

2.2.9 Навантаження на циркуляцію, кВт

$$Q_{цирк}^{втрат} = 0,17 \cdot N_{прим} ; \quad (2.20)$$

$$Q_{цирк}^{втрат} = 0,17 \cdot 50 = 8,5 \text{ кВт} .$$

2.2.10 Максимальна витрата теплоти на ГВП на будинок, кВт

$$Q_{г.в.мах} = 1,163 \cdot G_{год} \cdot (t_{г.сеп} - t_{х.з.}) + Q_{втр}^{mp} ; \quad (2.21)$$

$$Q_{г.в.мах} = 1,163 \cdot 443,52 \cdot (55 - 5) + 16310 = 42,1 \text{ кВт} .$$

2.2.11 Середня витрата теплоти на ГВП на будинок, кВт

$$Q_{г.в.сеп} = Q_{г.в.мах} / 2,4 ; \quad (2.22)$$

$$Q_{г.в.сеп} = 42,1 / 2,4 = 17,54 \text{ кВт.}$$

2.2.12 Річна витрата теплоти на ГВП на будинок, МДж/рік

$$Q_{г.в.річ.н} = Q_{г.в.мах} \cdot T_{з} \cdot n_{з} ; \quad (2.23)$$

$$Q_{г.в.річ.н} = 42,1 \cdot 24 \cdot 3,6 = 3637,44 \text{ МДж/рік.}$$

2.2.13 Загальне максимальне сумарне навантаження житлового комплексу на опалення і ГВП, кВт

$$Q_{o+ГВП} = \sum Q_o + Q_{ГВП} ; \quad (2.24)$$

$$Q_{o+ГВП} = 1267,42 + 42,1 \cdot 11 = 1730,52 \text{ кВт.}$$

Результати розрахунків максимальних навантажень споживачів наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Максимальні витрати теплоти

Навантаження	Позначення	Одиниця	Значення величини
Опалення житлових будівель	$Q_o$	МВт	1,27
Гаряче водопостачання житлових будівель (середня витрата)	$Q_{г.в.ср}^{ж}$	МВт	0,193
Сумарне навантаження споживачів	$\sum Q_{спож}$	МВт	1,463

Зам. інв.	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

25

### 2.3 Висновки з розділу 2

Згідно з завданням на магістерську дисертацію були розраховані максимальні, середні та річні втрати теплоти на опалення та гаряче водопостачання.

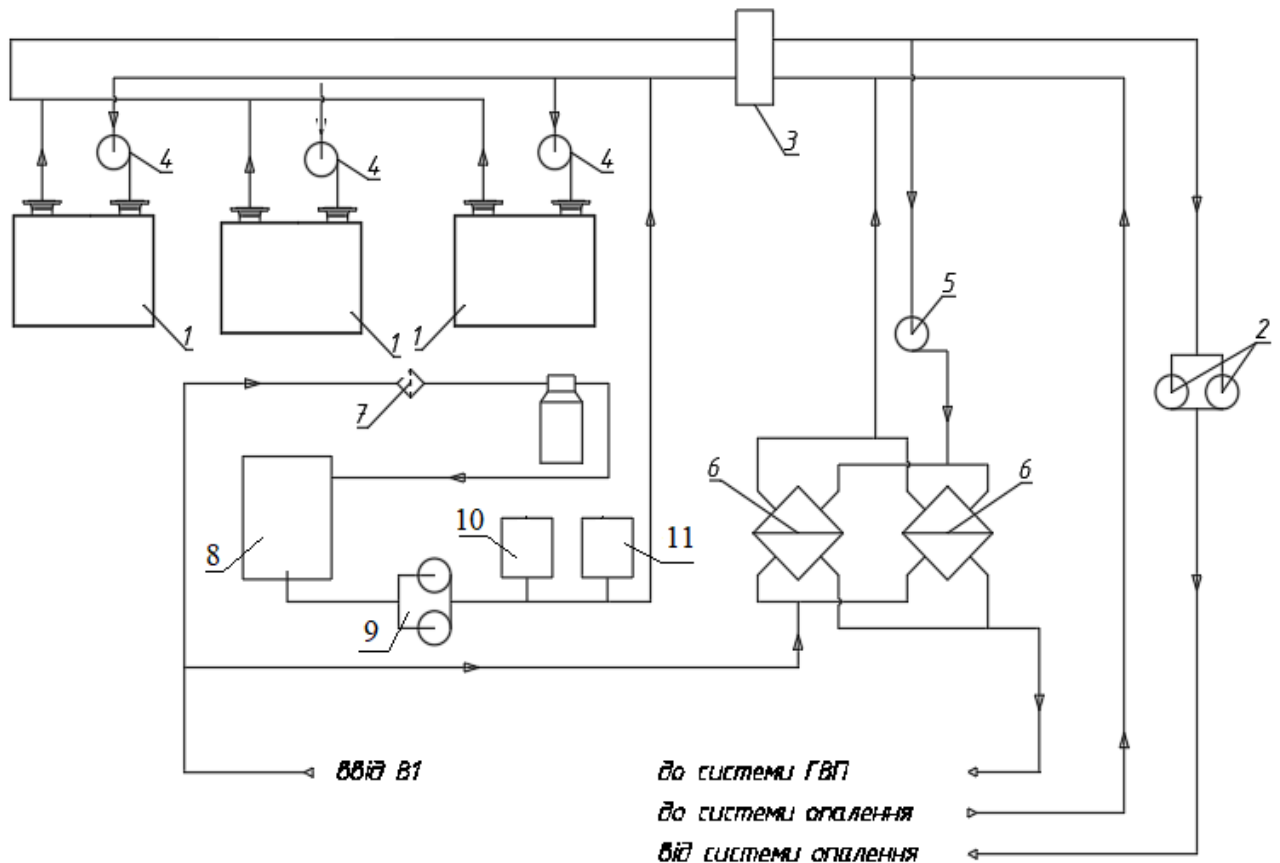
Витрата тепла на опалення житлових будівель склала  $Q_o = 1,27$  МВт, на гаряче водопостачання житлових будівель (середня витрата)  $Q_{г.в.ср}^{ж} = 0,193$  МВт, сумарне теплове навантаження склало  $\sum Q_{спож} = 1,463$  МВт.

Інв. №	Підпис та дата	Зам. інв.							ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
										26
			Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

### 3 ТЕПЛОВА СХЕМА КОТЕЛЬНОЇ

#### 3.1 Опис теплової схеми котельні

На рисунку 3.1 представлена принципова теплова схема водогрійної опалювальної котельні з відпуском теплоти на опалення із закритою системою теплопостачання та централізованим приготуванням води на гаряче водопостачання.



1 – котел; 2 – мережний насос; 3 – гідравлічний розподілювач; 4 – циркуляційний котловий насос; 5 – насос циркуляції ГВП; 6 – пластинчастий підігрівач; 7 – фільтр; 8 – станція пом'якшення води; 9 – насосна станція підживлення; 10 – установка хімічної деаерації; 11 – установка хімічної корекції pH і CO<sub>2</sub>

Рисунок 3.1 – Принципова теплова схема опалювальної водогрійної котельні

Теплова схема розрахована на забезпечення споживачів централізовано мережною водою за графіком 95/70°C.

В схемі котельні встановлюється гідравлічний розподілювач, що розділяє контур котлів від контуру теплового споживача. За гідравлічним розподілювачем теплоносій надходить до споживачів систем опалення та ГВП.

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

27

### Контур котлів

Від зворотного трубопроводу мережі вода подається на котли з температурою не менше 50 °С, перед входом в кожний котел встановлюється регулюючий 3-х ходовий клапан, що забезпечує підмішування вихідної мережної води контуру котлів в зворотну магістраль.

Регулювання температури зворотної води здійснюється з двох вимог:

- температура води на вході в котли не нижче 50°C;
- різниця температур на вході та виході з котла не перевищує 40°C.

Для подолання опору котла проектом передбачається встановлення циркуляційного насосу фірми «Wilо» типу Stratos GIGA на кожний котел.

### Мережний контур

Циркуляція теплоносія в контурі теплопостачання системи опалення здійснюється насосом з частотним регулюванням фірми «Wilо» типу IL, що встановлений на подавальному трубопроводі системи теплопостачання до котельні.

Для виконання погодозалежного регулювання системи опалення встановлено трьохходовий клапан фірми «Danfoss» типу VF3 DN65 з  $K_{vs} = 63 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Трьохходовий клапан з електроприводом забезпечує якісне регулювання температури теплоносія відповідно до температурного графіка з компенсацією по температурі зовнішнього повітря.

Система ГВП працює в опалювальний та літній період.

Приготування гарячої води здійснюється в пластинчастих підігрівачах. Схемою передбачено два паралельно включених підігрівачів, розрахованих на 50% теплового навантаження кожний. Температура гарячої води на споживача підтримується не більше 55°C за допомогою розділюючого трьохходового клапан фірми «Danfoss» типу VF3.

Система ГВП обладнується рециркуляційним трубопроводом.

Теплообмінники систем ГВП обладнуються приладами магнітної обробки води. Для запобігання утворення накипу усередині труб та на пластинах теплообмінника застосовується безреагентний спосіб водопідготовки, що запобігає утворенню накипу та захищає від корозії у водогрійних теплообмінниках усіх типів, а також запірній арматурі і комунікаціях з поступовим відмиванням і віднесенням старих відкладень. Прилади легко монтуються, не споживають енергії й практично не вимагають експлуатаційних затрат і обслуговування. Використання приладів магнітної обробки води має наступні переваги:

- зниження на 80 - 90% інтенсивності накипоутворення;
- збільшення в 1,5 - 2 рази терміну служби устаткування обладнання;
- зниження корозійних процесів;
- значне скорочення об'єму ремонтно-експлуатаційних робіт;
- зниження витрат хімреагентів;

Зам. інв.							
Підпис та дата							
Інв. №							
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата	ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк. 28

Прилад встановлюється перед теплообмінником ГВП на трубопроводі ХВП.

Заповнення та підживлення системи здійснюється хімічно очищеною водою.

Згідно теплової схеми вихідна вода з господарчо - побутового водопроводу надходить на систему водопідготовки. Для обліку води, що надходить до котельні від господарсько-побутового водопроводу встановлюється лічильник холодної води.

Після лічильника вода надходить на фільтр грубої очистки PROTECTOR BW 1" в якому відбувається вловлювання механічних домішок, а потім до установки пом'якшення неперервної дії типу EUROSOFT TWIN WS1" 1054 фірми «BWT».

Кожна одиниця обладнання водопідготовки має запірну арматуру та байпасну лінію для аварійного живлення котельні у випадку виходу з ладу основного обладнання. Запірна арматура кожного байпасу має бути закрыта та опломбована в нормальному положенні, а контрольна-відкрита.

Після підготовки вода потрапляє в бак запасу хімічно очищеної води об'ємом 1,5 м<sup>3</sup>.

Після баку запасу вода надходить на насоси підживлення, що виконують аварійне підживлення котлового теплової мережі автоматично по падінню тиску в системах.

Для захисту від підвищення тиску вище робочого, котел обладнаний пружинним запобіжним клапаном.

Для захисту мережі від підвищення тиску при розширенні теплоносія система обладнана розширювальним мембранним баком. Мембранний бак підключений до зворотної лінії теплоносія з встановленням запірної арматури, яка при роботі котельні опломбована в відкритому стані.

Компоновка допоміжного обладнання та трубопроводів виконана за умов їх безпечної експлуатації та оптимальних трас з'єднувальних трубопроводів.

Вся фланцева арматура, яка розміщена на висоті понад 1,5 м, обслуговується за допомогою площадок або пересувних майданчиків.

Кріплення трубопроводів здійснюється до стін, металоконструкцій та опорних стійок за допомогою кронштейнів та підвісок.

Для видалення повітря з системи, у верхніх точках трубопроводів передбачені автоматичні повітряні клапани.

Скидні та дренажні трубопроводи збираються у дренажні колектори, які влаштовані в підлозі котельні, з яких по каналізаційному трубопроводу виводяться до внутрішнього водостоку котельні. Трубопроводи підключаються з розривом струменя до системи внутрішньої каналізації котельні.

### 3.2 Вихідні дані для розрахунку теплової схеми

Складені для 3-х характерних режимів:

I режим – максимально зимовий при  $t_{p.o.}$ ;

II режим – із середньою температурою найбільш холодного місяця  $t_{cp.x.m.}$ ;

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

29

III режим – літній.

Температура повітря всередині опалювальних будівель (режими I–III)  $t_{вн}=20^{\circ}\text{C}$ ;

Температура зовнішнього повітря  $t_{зовн}$ :

I режим –  $t_{зовн.}=t_{р.0}=-20^{\circ}\text{C}$ ;

II режим –  $t_{зовн.}=t_{р.0}=0,3^{\circ}\text{C}$ .

$$t_{зовн} = t_{3.3л.} = t_{вн} - 0.3455 \times (t_{вн} - t_{р.0.}); \quad (3.1)$$

$$t_{зовн} = 20 - 0.3455 \times (20 - (-20)) = 6,18^{\circ}\text{C}.$$

Максимальний (розрахунковий) відпуск теплоти на опалення будівель (режим I)

$$Q_{0.6}^{жс} = 1,27 \text{ МВт};$$

Середній та максимальний відпуск теплоти на ГВП будівель відповідно

$$Q_{2.6.ср}^{жс} = 0,463 \text{ МВт (режим I)};$$

$$Q_{2.6.ср}^{жс.л} = 0,193 \text{ МВт (режим III)}.$$

Максимальна температура подовальної мережної води (режим I)

$$t_{1.маx} = 95^{\circ}\text{C}.$$

Максимальна температура поворотної мережної води (режим I)

$$t_{2.маx} = 70^{\circ}\text{C}.$$

Температура сирої води на вході в котельню  $T_{13}^{\circ}\text{C}$

режими I- II :  $T_{13}=5^{\circ}\text{C}$ ;

режими III:  $T_{1л}=5^{\circ}\text{C}$ .

Температура сирої води перед хімічною очисткою  $T_3=25^{\circ}\text{C}$ ; (для всіх режимів).

Питомий об'єм води в системі теплопостачання відносно сумарного відпуску теплоти на опалення та ГВП (для всіх режимів)

$$g_{сист}=35000 \text{ кг/МВт}.$$

Коефіцієнт зниження витікання води в системі теплопостачання

$$k_{вит}=1 \text{ (режим I-II)};$$

$$k_{вит}=0,5 \text{ (режим III)}.$$

Коефіцієнт власних потреб хімічного водоочищення

$$k_{х.6.}^{6.л.} = 1.1...1.25 \text{ (для всіх режимів)}.$$

Беру  $k_{х.6.}^{6.л.} = 1,2$ .

Розрахункова температура гарячої води в системі місцевого теплопостачання (для всіх режимів) із закритою системою теплопостачання  $t_{2.6}^3 = 55^{\circ}\text{C}$ .

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

30

### 3.3 Розрахунок теплової схеми котельні

Розрахунок виконано для першого режиму.

Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення залежно від температури зовнішнього повітря

$$k_{o.в.} = \frac{t_{вн} - t_{зовн}}{t_{вн} - t_{p.o.}}; \quad (3.2)$$

$$k_{o.в.} = 1.$$

Сумарний відпуск теплоти на опалення, МВт

$$Q_{o.в.} = (Q_{o.в.маx}^{жс+зр} + Q_{o.в.маx}^n) \cdot k_{o.в.}; \quad (3.3)$$

$$Q_{o.в.} = (1,27 + 0) \cdot 1 = 1,27 \text{ МВт}.$$

Сумарний відпуск теплоти на ГВП, МВт

$$Q_{г.в.}^3 = Q_{г.в.}^{жс} + Q_{г.в.}^n; \quad (3.4)$$

$$Q_{г.в.}^3 = Q_{г.в.} = 0,463 + 0 = 0,463 \text{ МВт}.$$

Температура мережевої води на виході з котельні, °C

$$t_1 = 20 + 62,5 \cdot k_{o.в.}^{0,8} + 12,5 \cdot k_{o.в.}; \quad (3.5)$$

$$t_1 = 20 + 62,5 \cdot 1^{0,8} + 12,5 \cdot 1 = 95^\circ C.$$

Температура поворотної мережної води після опалення, °C

$$t_2^{o.в.} = t_1 - 25 \cdot k_{o.в.}; \quad (3.6)$$

$$t_2^{o.в.} = 95 - 25 \cdot 1 = 70^\circ C$$

Розрахункова витрата мережевої води на опалення, кг/с

$$G_{o.в.} = \frac{Q_{o.в.} \cdot 10^6}{C_{в.} \cdot (t_1 - t_2^{o.в.})}; \quad (3.7)$$

$$G_{o.в.} = \frac{1,27 \cdot 10^6}{4187 \cdot (95 - 70)} = 12,13 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Витрата води на ГВП для споживачів, кг/с

$$G_{г.в.}^{сн} = \frac{Q_{г.в.} \cdot 10^6}{C_{в.} \cdot (t_{г.в.} - T_{13})}; \quad (3.8)$$

$$G_{г.в.}^{сн} = \frac{0,463 \cdot 10^6}{4187 \cdot (55 - 5)} = 2,21 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Визначаю відношення  $Q_{г.в.}/Q_{o.в.}$

$$\frac{Q_{г.в.}^3}{Q_{o.в.}} = \frac{0,463}{1,27} = 0,36.$$

Тому підігрівачі ГВП приєднуються за змішаною схемою.

Додаткова витрата мережевої води на підігрівники ГВП, кг/с

Зам. інв.	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

31

$$G_{\text{з.в}} = \frac{Q_{\text{з.в}} \cdot 10^6}{c_{\text{в}} (t_1 - t_2^{\text{о.в.}})}; \quad (3.9)$$

$$G_{\text{з.в}} = \frac{0,463 \cdot 10^6}{4187 \cdot (95 - 70)} = 4,42 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Розрахункова витрата мережевої води на виході з котельної, кг/с

$$G_{\text{м}} = G_{\text{о.в.}}; \quad (3.10)$$

$$G_{\text{м}} = 12,13 \text{ кг/с}.$$

Витрати води для підживлення на заповнення витікань у тепловій мережі, кг/с

$$G_{\text{вит}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (Q_{\text{о.в.}}^{\text{жс+трк}} + Q_{\text{о.в.}}^{\text{н}} + Q_{\text{з.в.сп}}^{\text{жс+трк}} + Q_{\text{з.в.}}^{\text{н}}) \cdot g_{\text{сист}} \cdot k_{\text{вит}}; \quad (3.11)$$

$$G_{\text{вит}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (1,27 + 0 + 0,463 + 0) \cdot 65000 \cdot 1 = 0,23 \text{ кг/с}.$$

Витрата поворотної мережевої води на вході до котельної, кг/с

$$G_{\text{п.м}} = G_{\text{м}} - G_{\text{вит}}; \quad (3.12)$$

$$G_{\text{п.м}} = 12,13 - 0,23 = 11,9 \text{ кг/с}.$$

Витрата сирої води, що надходить на хімічну очистку, кг/с

$$G_{\text{с.в}} = k_{\text{с.в.}}^{\text{с.п.}} \cdot G_{\text{вит}}; \quad (3.13)$$

$$G_{\text{с.в}} = 1,2 \cdot 0,23 = 0,28 \text{ кг/с}.$$

Сумарний відпуск теплоти водогрійними котлами, МВт

$$Q_{\text{к}}^{\text{в}} = Q_{\text{о.в.}} + Q_{\text{з.в.}}; \quad (3.14)$$

$$Q_{\text{к}}^{\text{в}} = 1,27 + 0,463 = 1,74 \text{ МВт}.$$

Необхідна кількість водогрійних котлів з округленням до найближчого більшого цілого числа

$$N_{\text{к.п}}^{\text{в}} = \frac{Q_{\text{к}}^{\text{в}}}{Q_{\text{к}}^{\text{ном}}}, \quad (3.15)$$

де  $Q_{\text{к}}^{\text{ном}}$  - номінальна теплопродуктивність одного водогрійного котла, МВт.

Беру водогрійний котел фірми ICI Caldaie типу GREENOX.e. з номінальним навантаженням

$Q_{\text{к}}^{\text{ном}} = 0,700 \text{ МВт}$ , тоді кількість котлів

$$N_{\text{к.п}}^{\text{в}} = \frac{1,74}{0,700} = 3 \text{ компл.}$$

Завантаження водогрійних котлів, %

$$K_{\text{зав}}^{\text{в}} = \frac{Q_{\text{к}}^{\text{в}}}{N_{\text{к.п}}^{\text{в}} \cdot Q_{\text{к}}^{\text{ном}}} \cdot 100\%; \quad (3.16)$$

$$K_{\text{зав}}^{\text{в}} = \frac{1,74}{2 \cdot 0,600} \cdot 100\% = 83\%.$$

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

32



## 4 ВИБІР ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

### 4.1 Вибір котлів

Котлоагрегат залежить від типу спалювання палива (природного газу), теплоносія, що циркулює в системі та його параметрів. Кількість і одинична продуктивність котлів визначаються розрахунковою тепловою потужністю котельної. Для зменшення капітальних і експлуатаційних витрат доцільно встановлювати в котельній однотипові котли з однаковою теплопродуктивністю. Кількість  $N$  водогрійних котлоагрегатів вибирається за максимальним відпуском теплоти у вигляді гарячої води

$$N_{к.п}^6 = \frac{Q_{к}^6}{Q_{к}^{ном}}, \quad (4.1)$$

де  $Q_{к}^6$  - сумарний відпуск теплоти водогрійними котлоагрегатами, одержаний при розрахунку теплової схеми котельної для максимального зимового режиму;

$Q_{к}^{ном}$  - номінальне навантаження водогрійного котла.

В результаті розрахунку теплової схеми котельні прийнято до установки три водогрійних котли GREENOx.e. 70 з наступними характеристиками:

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики вибраного котла GREENOx.e. 70

Найменування	Позначення	Одиниця	Значення величини
Номінальні потужність	$Q_{ном}$	МВт	0,700
Коефіцієнт корисної дії	$\eta_{к}$	%	95,37
Аеродинамічний опір	$\Delta P_{з}$	мбар	5,6
Гідравлічний опір	$\Delta P_{вк}$	кПа	4,8
Розрахункові витрати палива, (при теплоті спалювання газу $Q_{н.р}=33700$ кДж/м <sup>3</sup> )	$B_{к}$	м <sup>3</sup> /год	77,67
Мінімальні температура відходячих газів	$t_{г}$	°C	124
Габаритні розміри	довжина	мм	2228
	ширина	мм	945
	висота	мм	1925

Загальний вигляд котла наведений на рисунку 4.1.

Зам. інв.	
Підпис та дата	
Інв. №	

						ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
							33
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		



Рисунок 4.1 – Загальний вигляд котла

Інв. №	Підпис та дата	Зам. інв.

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
	34

## 4.2 Вибір насосів

В котельні встановлені наступні насоси:

- мережної води системи опалення;
- підживлювальної води;
- циркуляції ГВП;

Всі встановлені насоси з електричним приводом.

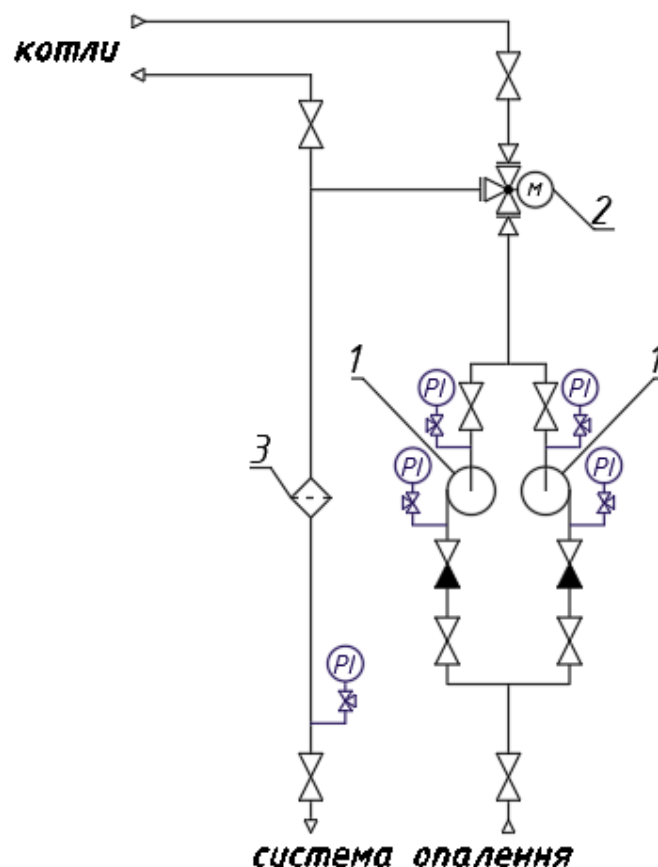
Вибір насосів здійснюється за подачею та тиском.

Подача насосів визначається за розрахунком теплової схеми котельні, а тиск – за втратами опору в відповідних мережах.

### 4.2.1 Насоси мережної води

Мережеві насоси призначені для забезпечення циркуляції води в теплових мережах, вибір їх здійснюють за подачею та тиском.

Схема контуру наведена на рисунку 4.2.



1- мережні насоси; 2 – трьохходовий клапан погодозалежного регулювання; 3 – фільтр;

Рисунок 4.2 – Схема контуру мережної води системи опалення

Згідно зі схемою, яка наведена на рис. 4.2 поворотна вода від системи опалення житлових будинків надходить до колектора, звідки – у водогрійний котел. Після нагрівання води в котлі до

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

35

необхідної температури вона спрямовується в подавальний колектор, звідки насосами 1 подається на систему опалення будинків.

Визначаю подачу насосів за витратою мережної води

$$V_{м.н} = \frac{G_{м.н} \cdot 3600}{\rho_в}, \quad (4.2)$$

де  $G_m$  – 11,9 кг/с масова витрата мережної води, (беру найбільше значення цього параметра з розрахунку теплової схеми);

$\rho$ – густина води кг/м<sup>3</sup> ( беру 1000 кг/м<sup>3</sup> ).

$$V_{м.н} = \frac{11,9 \cdot 3600}{1000} = 42,84 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Тиск насосів мережної води, МПа

$$H_m = l \cdot \Delta P_{мер} + \Delta P_{в.к} + \Delta P_{тр} \quad (4.3)$$

де  $\Delta P_m$  - гідравлічний опір теплової мережі, МПа;

$\Delta P_{в.к}$  - гідравлічний опір водогрійного котла, приймаю  $\Delta P_{в.к} = 0,0035$  МПа;

$\Delta P_{тр}$  - гідравлічний опір трубопроводів усередині котельні, МПа.

Гідравлічний опір мережі, МПа

$$\Delta P_i = R l (1 + \alpha) \cdot 10^{-6}, \quad (4.4)$$

де  $R$  – питомі втрати тиску на тертя, Па/м;

$l$  – довжина теплової мережі у двотрубному виконанні,  $l = 420$  м;

$\alpha$ - коефіцієнт місцевих опорів,  $\alpha = f(d_{cm})$ .

Беру швидкість води  $\omega_в = 1,5$  м/с і з рівняння суцільності (нерозривності) визначаю внутрішній діаметр трубопроводу  $d_{вн}$ , м

$$d_{мер} = 1,13 \sqrt{\frac{G_{м.н}}{\rho_в \cdot \omega_в}}; \quad (4.5)$$

$$d_{мер} = 1,13 \sqrt{\frac{11,9}{1000 \cdot 1,5}} = 0,1 \text{ м.}$$

За довідковим даним беру внутрішній діаметр трубопроводу  $d_{мер} = 100$  мм і за [2] визначаю коефіцієнт місцевого опору  $\alpha = f(d_{cm}) = 0,3$ .

Уточнюю швидкість руху води, м/с

$$\omega_в = \frac{4 \cdot G_{м.н}}{\rho_в \cdot \pi \cdot d_{мер}^2}; \quad (4.6)$$

$$\omega_в = \frac{4 \cdot 11,9}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,01^2} = 1,52 \text{ м/с.}$$

Питомі втрати тиску на тертя Па/м

$$R = \lambda \cdot \frac{\rho_в \omega_в^2}{2} \cdot \frac{1}{d_{мер}}, \quad (4.7)$$

Зам. інв.							
Підпис та дата							
Інв. №							
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата	ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
							36

де  $\lambda$ - коефіцієнт опору тертя.

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{k_e}{d'} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (4.8)$$

де  $k_e$  – еквівалентний коефіцієнт абсолютної шорсткості внутрішньої поверхні труби; відповідно до Правил Держтехнагляду усі трубопроводи промислових й опалювальних котелень можуть виготовлятися із сталених безшовних зварних труб, виконаних з вуглецевої сталі, для яких  $k_e=0,01$  см;

$d'$  - внутрішній діаметр трубопроводу, см;

$Re$ – число Рейнольдса .

Визначаю число Рейнольдса

$$Re = \frac{d_{\text{вн}} \cdot \omega}{\nu}, \quad (4.9)$$

де  $\nu$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості, м<sup>2</sup>/с.

Коефіцієнт кінематичної в'язкості визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 82,5°C, тоді  $\nu=f(t=80^\circ\text{C})=0,420 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с [2].

$$Re = \frac{0,01 \cdot 1,52}{0,420 \cdot 10^{-6}} = 36190.$$

Визначаю коефіцієнт опору тертя  $\lambda$

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{1}{10} + \frac{68}{36190} \right)^{0,25} = 0,06.$$

Питомі витрати тиску на тертя, Па/м

$$R = 0,06 \cdot \frac{1000 \cdot 1,52^2}{2} \cdot \frac{1}{0,1} = 693,12 \text{ Па/м.}$$

Опір мережі, кПа

$$\Delta P_M = 693,12 \cdot 420 \cdot (1+0,3) \cdot 10^{-3} = 378,44 \text{ кПа.}$$

Гідравлічний опір трубопроводів у середині котельні складає 5% від втрат тиску в мережі, тобто

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot \Delta P_M; \quad (4.10)$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot 378,44 = 18,92 \text{ кПа.}$$

Тиск насосів мережевої води

$$H_M = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{мер}} + \Delta P_{\text{в.к}} + \Delta P_{\text{тр}}. \quad (4.11)$$

Гідравлічний опір котла GREENOx.e. 70 в цьому розрахунку участі не бере, тому що для циркуляції теплоносія крізь котел існує окремий насос, який підбиратиметься окремо

$$H_{\text{мер}} = 1,1 \cdot 0,378 + 18,92 \cdot 10^{-3} = 0,435 \text{ МПа.}$$

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

37

За величинами  $V_{н,м}=42,84 \text{ м}^3/\text{год}$  та  $H_{мер}=0,435 \text{ МПа}$  обираю 2 мережних насосів, (1 робочий, 1 резервний) типу Wilo IL 65/160-7.5/2, з наступними характеристиками:

- подача –  $44 \text{ м}^3/\text{год}$ ;
- тиск –  $0,45 \text{ МПа}$ ;
- ККД –  $87,5\%$ ;
- потужність електродвигуна –  $5,1 \text{ кВт}$ ;
- частота обертання електродвигуна –  $5000 \text{ об/хв}$ .

Загальний вигляд насосу мережної води зображений на рисунку 4.3.



Рисунок 4.3 – Загальний вигляд мережного насосу

#### 4.2.2 Вибір насосів підживлювальної води

Насоси для підживлення вводяться з метою заповнення витоків води в закритих системах теплопостачання .

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

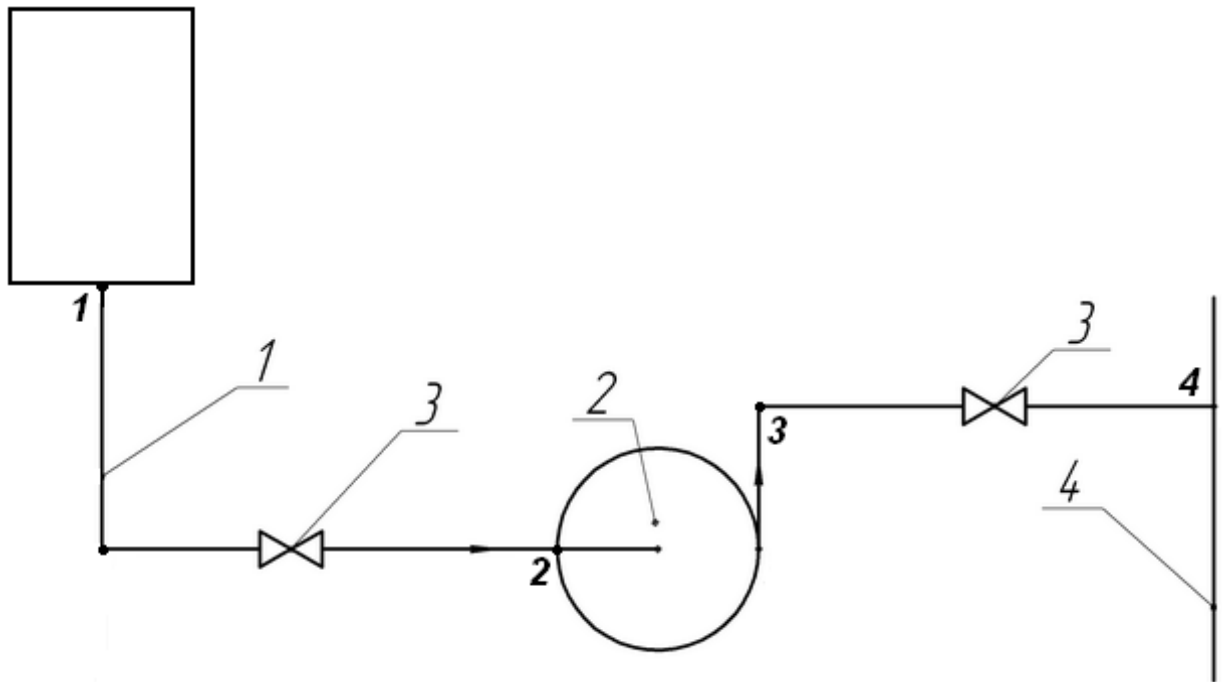
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

38

Схема контуру підживлювальної води наведена на рис. 4.4.



1 – трубопровід підживлювальної води; 2 – підживлювальний насос; 3 – вентиль; 4 – трубопровід зворотної мережної води.

Рисунок 4.4 - Схема підживлювальних трубопроводів

Гідравлічний розрахунок тракту підживлювальної води

а) Подачу підживлювальних насосів визначають за масовою витратою води для підживлення, одержаною при розрахунку теплової схеми котельної

$$V_{\text{підж}} = \frac{2 \cdot G_{\text{вит}}}{\rho} \cdot 3600, \quad (4.12)$$

де  $G_{\text{вит}} = G_{\text{підж}}$  – витрата води на підживлення (з розрахунку теплової схеми,  $G_{\text{вит}} = 0,1$  кг/с.).

$$V_{\text{підж}} = \frac{2 \cdot 0,23}{1000} \cdot 3600 = 1,66 \text{ м}^3/\text{год}.$$

б) Розбиваємо тракт на ділянки 1-2 та 3-4. Довжина ділянки 1-2  $l^{(1-2)} = 5$  м, ділянки 3-4  $l^{(3-4)} = 3$  м.

Приймаємо швидкість руху води на ділянці 1-2  $\omega_b^{(1-2)} = 1,0$  м/с, а на ділянці 3-4  $\omega_b^{(3-4)} = 2,5$  м/с

в) Діаметри трубопроводів.

З рівняння суцільності (нерозривності)

$$d_{\text{вн}} = 1130 \cdot \sqrt{\frac{G_{\text{підж}}}{\rho_s \cdot \omega_s}}. \quad (4.13)$$

Діаметр трубопроводу на ділянці 1-2 [2]

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

39

$$d_{\text{вн}}^{(1-2)} = 1130 \sqrt{\frac{0,23}{1000 \cdot 1,0}} = 0,017 \text{ м}.$$

Діаметр трубопроводу на ділянці 3-4 [2]

$$d_{\text{вн}}^{(3-4)} = 1130 \sqrt{\frac{0,23}{1000 \cdot 2,5}} = 0,01 \text{ м}.$$

Як остаточні приймаємо заокруглені розрахункові внутрішні діаметри із стандартного ряду

$$d_{\text{вн}}^{1-2} = 20 \text{ мм};$$

$$d_{\text{вн}}^{3-4} = 20 \text{ мм}.$$

г) Знаходимо дійсні швидкості руху води:

На ділянці 1-2

$$\omega_{\text{в}}^{1-2} = \frac{4 \cdot G_{\text{підж}}}{\rho \cdot \pi \cdot (d_{\text{вн}}^{1-2})^2}; \quad (4.14)$$

$$\omega_{\text{в}}^{1-2} = \frac{4 \cdot 0,23}{3,14 \cdot (0,02)^2 \cdot 1000} = 0,73 \text{ м/с}.$$

На ділянці 3-4

$$\omega_{\text{в}}^{3-4} = \frac{4 \cdot G_{\text{підж}}}{\rho \cdot \pi \cdot (d_{\text{вн}}^{1-2})^2}; \quad (4.15)$$

$$\omega_{\text{в}}^{3-4} = \frac{4 \cdot 0,23}{3,14 \cdot (0,02)^2 \cdot 1000} = 0,73 \text{ м/с}.$$

д) Число Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{d_{\text{вн}} \omega_{\text{в}}}{\nu}, \quad (4.16)$$

де  $\nu$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості,  $\nu = f(t=70^\circ\text{C}) = 0,422 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

На ділянці 1-2

$$\text{Re}^{1-2} = \frac{0,02 \cdot 0,73}{0,422 \cdot 10^{-6}} = 34597.$$

На ділянці 3-4

$$\text{Re}^{3-4} = \frac{0,02 \cdot 0,73}{0,422 \cdot 10^{-6}} = 34597.$$

е) Коефіцієнт гідравлічного тертя

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{k_{\text{е}}}{d'} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (4.17)$$

де  $k_{\text{е}}$  – еквівалентний коефіцієнт абсолютної шорсткості внутрішньої поверхні труби; відповідно до Правил Держтехнагляду усі трубопроводи промислових й опалювальних котелень можуть виготовлятися із сталених безшовних зварних труб, виконаних з вуглецевої сталі, для яких  $k_{\text{е}}=0,01 \text{ см}$ ;

Зам. інв.							Арк. 40
Підпис та дата							ТП 81мп 28 08 ПЗ
Інв. №	Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата	





$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{т1}} + \Delta P_{\text{т2}}; \quad (4.19)$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,0028 + 0,0014 = 0,0042 \text{ МПа.}$$

і) Напір підживлювальних насосів вибирається залежно від гідравлічних опорів трубопроводів та тиску в зворотній магістралі  $\Delta P_{\text{пов}} = 0,22 \text{ МПа}$

$$H_{\text{н.в.}} = \Delta P_{\text{пов}} + \Delta P_{\text{тр}}; \quad (4.20)$$

$$H_{\text{н.в.}} = 0,22 + 0,0042 = 0,2242 \text{ МПа.}$$

За подачею та тиском обираю насосну станцію підживлення системи, типу Wilo CO-2 HELIX V 406/CE, що складається з двох насосів (1 насос робочий, 1 насос резервний) з наступними характеристиками:

подача –  $1,6 \text{ м}^3/\text{год}$ ;

тиск –  $0,25 \text{ МПа}$ ;

ККД – 84%;

потужність електродвигуна –  $0,75 \text{ кВт}$ ;

частота обертання електродвигуна –  $3200 \text{ об/хв.}$

Насосна станція підживлення представлена на рисунку 4.5.



Рисунок 4.5 – Насосна станція підживлення

#### 4.2.3 Насос контуру ГВП

Схема контуру наведена на рисунку 4.6.

Згідно зі схемою, яка наведена на рис. 4.6 вода від водогрійного котла надходить на насос системи ГВП та подається на ємнісні підігрівачі для підігріву води на потреби ГВП.

Зам. інв.

Підпис та дата

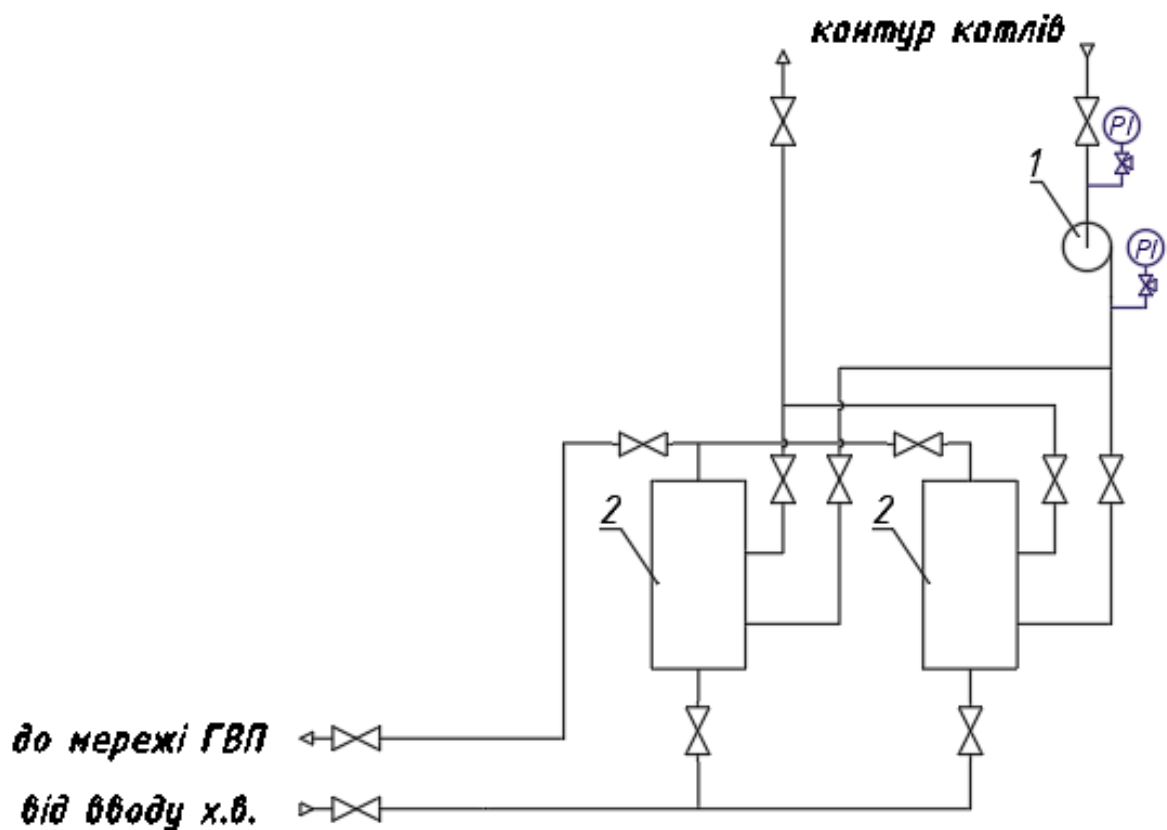
Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

42



1- насос циркуляції теплоносія на ГВП; 2- пластинчастий підігрівач

Рисунок 4.6 – Схема контуру ГВП

Визначаю подачу насосів за витратою води

$$V_{м.н} = \frac{G_{м.н} \cdot 3600}{\rho_v}; \quad (4.21)$$

$$V_{м.н} = \frac{2,21 \cdot 3600}{1000} = 7,96 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Тиск насосу води, МПа

$$H_m = l \cdot \Delta P_{мер} + \Delta P_{в.к} + \Delta P_{тр}; \quad (4.22)$$

Гідравлічний опір контуру, МПа

$$\Delta P_i = Rl(1 + \alpha) \cdot 10^{-6}, \quad (4.23)$$

де  $R$  – питомі втрати тиску на тертя, Па/м;

$l$  – довжина теплової мережі у двотрубному виконанні,  $l = 10$  м;

$\alpha$  – коефіцієнт місцевих опорів,  $\alpha = f(d_{cm})$ .

Беру швидкість води  $\omega_v = 1,5$  м/с і з рівняння суцільності (нерозривності) визначаю внутрішній діаметр трубопроводу  $d_{вн}$ , м

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

43

$$d_{\text{мер}} = 1,13 \sqrt{\frac{G_{\text{м.н}}}{\rho_{\text{в}} \cdot \omega_{\text{в}}}}; \quad (4.24)$$

$$d_{\text{мер}} = 1,13 \sqrt{\frac{2,21}{1000 \cdot 1,5}} = 0,043 \text{ м.}$$

За довідковим даним беру внутрішній діаметр трубопроводу  $d_{\text{мер}} = 50 \text{ мм}$  і за [2] визначаю коефіцієнт місцевого опору  $\alpha = f(d_{\text{см}}) = 0,3$ .

Уточнюю швидкість руху води, м/с

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4 \cdot G_{\text{м.н}}}{\rho_{\text{в}} \cdot \pi \cdot d_{\text{мер}}^2}; \quad (4.25)$$

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4 \cdot 2,21}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,05^2} = 1,13 \text{ м/с}.$$

Питомі втрати тиску на тертя Па/м

$$R = \lambda \cdot \frac{\rho_{\text{в}} \omega_{\text{в}}^2}{2} \cdot \frac{1}{d_{\text{мер}}}; \quad (4.26)$$

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{k_{\text{е}}}{d'} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}. \quad (4.27)$$

Визначаю число Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{d_{\text{вн}} \omega_{\text{в}}}{\nu}, \quad (4.28)$$

де  $\nu$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості, м<sup>2</sup>/с:

Коефіцієнт кінематичної в'язкості визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 80°C, тоді  $\nu = f(t = 80^\circ\text{C}) = 0,422 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  [2]

$$\text{Re} = \frac{0,05 \cdot 1,13}{0,422 \cdot 10^{-6}} = 133886.$$

Визначаю коефіцієнт опору тертя  $\lambda$

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{1}{50} + \frac{68}{133886} \right)^{0,25} = 0,042.$$

Питомі витрати тиску на тертя, Па/м

$$R = 0,042 \cdot \frac{1000 \cdot 1,13^2}{2} \cdot \frac{1}{0,05} = 536,3 \text{ Па/м.}$$

Опір мережі, кПа

$$\Delta P_{\text{м}} = 536,3 \cdot 7 \cdot (1 + 0,3) \cdot 10^{-6} = 4,88 \text{ кПа.}$$

Гідравлічний опір трубопроводів у середині котельні складає 5% від втрат тиску в мережі, тобто

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot \Delta P_{\text{м}}; \quad (4.29)$$

Зам. інв.							
Підпис та дата							
Інв. №							
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата	ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
							44

$$\Delta P_{тр}=0,05 \cdot 0,00488=0,244 \cdot 10^{-3}.$$

Тиск насосів мережевої води

$$H_m=1,1 \cdot \Delta P_{мер} + \Delta P_{в.к} + \Delta P_{тр}; \quad (4.30)$$

$$H_{мер} = 1,1 \cdot 0,00488 + 0,244 \cdot 10^{-3} = 0,06 \text{ МПа}.$$

За величинами  $V_{н.м}=7,96 \text{ м}^3/\text{год}$  та  $H_{мер}= 0,06 \text{ МПа}$  обираю 2 насоси циркуляції ГВП (1 робочий, 1 резервний) типу Wilo-IP-E 8/65-1,5/2, з наступними характеристиками:

- подача –  $8 \text{ м}^3/\text{год}$ ;
- тиск –  $0,065 \text{ МПа}$ ;
- ККД –  $84\%$ ;
- потужність електродвигуна –  $1,5 \text{ кВт}$ ;
- частота обертання електродвигуна –  $2800 \text{ об/хв}$ .

Насос циркуляції ГВП зображено на рисунку 4.7.



Рисунок 4.7 – насос циркуляції ГВП

#### 4.3 Вибір теплообмінників

Теплообмінники, що застосовуються в котельні, є пластинчатими апаратами поверхневого типу й використовуються для підігрівання води, що йде на потреби ГВП.

Водоводяний підігрівач води, що йде на потреби ГВП

Вихідні дані до розрахунку:

- 1) Потік теплоти, що йде на підігрів води  $Q = 96,5 \text{ кВт}$ ;

Зам. інв.	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

**Арк.**  
45

2) Початкова температура сирої води  $t'_2 = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

3) Кінцева температура води після теплообмінника  $t''_2 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

4) Початкова температура мережної води, що нагріває  $t'_1 = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

5) Кінцева температура мережної води  $t''_1 = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

6) Робочий тиск в апараті  $P = 10^6\text{ Па}$ ;

7) Теплофізичні властивості мережної води при середній температурі  $\bar{t}_1 = 0,5 \cdot (95 + 70) = 83\text{ }^{\circ}\text{C}$  [4].

- густина  $\rho_1 = 965,3\text{ кг/м}^3$  ;
- питома теплоємність  $c_1 = 4208\text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$  ;
- теплопровідність  $\lambda_1 = 0,68\text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$  ;
- кінематична в'язкість  $\nu_1 = 0,326 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}$  ;

8) Теплофізичні властивості сирої води при середній температурі  $\bar{t}_2 = 0,5 \cdot (60 + 5) = 33\text{ }^{\circ}\text{C}$  [4]

- густина  $\rho_2 = 999\text{ кг/м}^3$  ;
- питома теплоємність  $c_2 = 4187\text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$  ;
- теплопровідність  $\lambda_2 = 0,587\text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$  ;
- кінематична в'язкість  $\nu_2 = 1,156 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}$  ;

9) Теплообмінник компонується з пластин типу 0,6 з кутом перетину вершин гофр  $120^{\circ}$ .

Геометричні розміри пластин та каналів, які вони створюють:

- площа поверхні теплообміну однієї пластини  $F_1 = 0,6\text{ м}^2$ ;
- еквівалентний діаметр міжпластинчатого каналу  $d_e = 0,0083\text{ м}$ ;
- площа поперечного перерізу одного каналу  $f_1 = 0,00245\text{ м}^2$ ;
- приведена довжина каналу  $L_{\text{п}} = 1,01\text{ м}$ ;
- діаметр умовного проходу кутового отвору  $D_y = 200\text{ мм}$ .

Тепловий розрахунок

1) Потік теплоти, яка передається [2]:

$$Q = G_2 \cdot c_2 (t''_2 - t'_2); \quad (4.31)$$

З цього рівняння можна розрахувати витрати мережної води і води, що нагрівається

2) Витрата мережної води (масова та об'ємна), що нагріває холодну воду [2]

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

46

$$G_1 = \frac{Q}{c_1(t'_1 - t''_1)}; \quad (4.32)$$

$$G_1 = \frac{96,5 \cdot 10^3}{4208 \cdot (95 - 70)} = 0,92 \text{ кг/с};$$

$$V_1 = \frac{3600 \cdot G_1}{\rho_1}; \quad (4.33)$$

$$V_1 = \frac{3600 \cdot 0,92}{965,3} = 3,4 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Витрата води, що нагрівається

$$G_1 = \frac{96,5 \cdot 10^3}{4187 \cdot (60 - 5)} = 0,42 \text{ кг/с};$$

$$V_1 = \frac{3600 \cdot 0,42}{999} = 1,5 \text{ м}^3/\text{год}.$$

3) Середній температурний напір [2]:

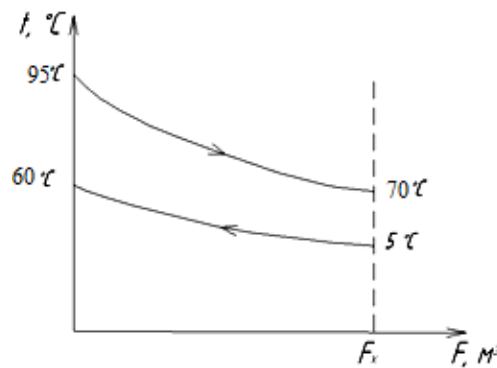


Рисунок 4.8 – Середній температурний напір водоводяного підігрівача сирії води

$$\Delta t_6 = 60 - 5 = 55 \text{ °C};$$

$$\Delta t_M = 95 - 70 = 25 \text{ °C}.$$

$$\Delta \bar{t} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M}}; \quad (4.34)$$

$$\Delta \bar{t} = \frac{55 - 25}{\ln \frac{55}{25}} = 38 \text{ °C};$$

4) Швидкість мережної води в каналах теплообмінника [3]

$$W_1 = \frac{G_1}{z_1 \cdot f_1 \cdot \rho_1}; \quad (4.35)$$

де  $z_1$  – кількість каналів у теплообміннику з гріючої сторони. Приймаю  $z_1=4$  шт;

$f_1$  – площа поперечного перерізу каналу,  $\text{м}^2$ .

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

47

$$W_1 = \frac{0,92}{4 \cdot 0,00245 \cdot 965,3} = 0,16 \text{ м/с}.$$

5) Число Рейнольдса

$$Re_l = \frac{W_l \cdot d_e}{n_l}; \quad (4.36)$$

$$Re_1 = \frac{0,16 \cdot 0,0083}{0,326 \cdot 10^{-6}} = 4074.$$

6) Значення критеріїв Прандтля при  $\bar{t}_1 = 83^\circ\text{C}$  [4]

$$Pr_1 = \frac{c_1 \cdot \nu_1 \cdot \rho_1}{\lambda_1}; \quad (4.37)$$

$$Pr_1 = \frac{4208 \cdot 0,326 \cdot 10^{-6} \cdot 965,3}{0,68} = 1,947.$$

при  $\bar{t}_{\text{ctl}} = 0,5(\bar{t}_1 + \bar{t}_2) = 58^\circ\text{C}$ ,  $Pr_{\text{ctl}} = 3,4$ .

7) Число Нуссельта [2]

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_l}{Pr_{\text{ctl}}} \right)^{0,25}; \quad (4.38)$$

$$Nu_1 = 0,135 \cdot 4074^{0,73} \cdot 1,947^{0,43} \cdot \left( \frac{1,947}{3,4} \right)^{0,25} = 152,7.$$

8) Коефіцієнт тепловіддачі від мережної води до стінки [2]

$$a_l = \frac{Nu_l \cdot l_l}{d_e}; \quad (4.39)$$

$$\alpha_1 = \frac{152,7 \cdot 0,68}{0,0083} = 2510 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)};$$

9) Швидкість руху холодної води в каналах теплообмінника за формулою (4.35), приймаючи  $z_2 = z_1 = 4$  шт.

$$W_2 = \frac{0,42}{4 \cdot 0,00245 \cdot 999} = 0,04 \text{ м/с}.$$

10) Число Рейнольдса [2]

$$Re_2 = \frac{W_2 \cdot d_e}{\nu_2}; \quad (4.40)$$

$$Re_2 = \frac{0,04 \cdot 0,0083}{1,156 \cdot 10^{-6}} = 1651.$$

11) Значення критеріїв Прандтля при  $\bar{t}_2 = 33^\circ\text{C}$  [4]

Зам. інв.							
Підпис та дата							
Інв. №							
						ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
							48
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		



$$\text{Pr}_2 = \frac{c_2 \cdot v_2 \cdot \rho_2}{\lambda_2}; \quad (4.41)$$

$$\text{Pr}_2 = \frac{4187 \cdot 1,156 \cdot 10^{-6} \cdot 999}{0,587} = 8,24.$$

при  $\bar{t}_{\text{сг2}} = 0,5(\bar{t}_1 + \bar{t}_2) = 58 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{Pr}_{\text{сг2}} = 3,4$ .

## 12) Число Нуссельта [2]

$$Nu_2 = 0,135 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_2}{Pr_{cm2}} \right)^{0,25}; \quad (4.42)$$

$$Nu_2 = 0,135 \cdot 1651^{0,73} \cdot 8,24^{0,43} \cdot \left( \frac{8,24}{3,4} \right)^{0,25} = 93,47.$$

13) Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до сирої води [2]

$$\alpha_2 = \frac{\text{Nu}_2 \cdot \lambda_2}{d_e}; \quad (4.43)$$

$$\alpha_2 = \frac{93,47 \cdot 0,587}{0,0083} = 6610 \text{ BT}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}).$$

14) Термічний опір стінки пластини та забруднень на ній.

- термічний опір забруднень на стінці зі сторони гріючого потоку (мережева вода):

$$\frac{\delta_1}{\lambda_1} = 0,00045 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)}/\text{B}_\text{T};$$

- термічний опір стінки (зі сталі 12X1SH10T) при її товщині  $\delta_{\text{ст}} = 1$  мм :

$$\frac{\delta_{\text{CT}}}{\lambda_{\text{CT}}} = 0,000063 \text{ (M}^2 \cdot \text{K)} / \text{BT};$$

- термічний опір забруднень на стінці зі сторони потоку, що нагрівається (сира вода):

$$\frac{\delta_2}{\lambda_2} = 0,00023 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)}/\text{B}_\text{T};$$

15) Коефіцієнт теплопередачі [2]

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (4.44)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{2510} + 0,00045 + 0,000063 + 0,00023 + \frac{1}{6610}} = 775,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

16) Площа поверхні теплообміну апарата [2]

Зам. інв.

15) Коефіцієнт теплопередачі [2]

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}};$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{2510} + 0,00045 + 0,000063 + 0,00023 + \frac{1}{6610}} = 775,2 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} .$$

(4.44)

Підпис та дата

16) Площа поверхні теплообміну апарата [2]

Інв. №


ТІ 81мп 28 08 ПЗ

<b>Арк.</b>
49

$$F_a = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}; \quad (4.45)$$

$$F_a = \frac{188400}{775,2 \cdot 43,29} = 8 \text{ м}^2.$$

Приймаю, з урахуванням росту забруднень, площу поверхні теплообміну  $F_a = 13 \text{ м}^2$ .

Конструкторський розрахунок.

1) Площа поперечного перерізу пакета [2]:

$$f_n = \frac{V}{3600 \cdot W}; \quad (4.46)$$

- зі сторони ходу гріючого потоку (мережна вода)

$$f_{n1} = \frac{3,4}{3600 \cdot 0,16} = 0,012 \text{ м}^2;$$

- зі сторони ходу потоку, що нагрівається (сира вода)

$$f_{n2} = \frac{1,5}{3600 \cdot 0,04} = 0,01 \text{ м}^2.$$

2) Кількість каналів в одному пакеті [2]

$$m = \frac{f_n}{f_1}; \quad (4.47)$$

- для гріючого потоку (мережева вода)

$$m_1 = \frac{0,012}{0,00245} = 3,89;$$

Приймаю  $m_1 = 4$  шт.

- для потоку, що нагрівається (сира вода)

$$m_2 = \frac{0,01}{0,00245} = 3,9.$$

Приймаю  $m_2 = 4$  шт.

3) Число пластин в одному пакеті

- для гріючого потоку (мережна вода)

$$n_1 = 2 \cdot m_1 = 2 \cdot 4 = 8 \text{ шт};$$

- для потоку, що нагрівається (сира вода)

$$n_2 = 2 \cdot m_2 = 2 \cdot 4 = 8 \text{ шт};$$

4) Поверхня теплообміну одного пакета

- для гріючого потоку (мережна вода)

$$F_{n1} = F_1 \cdot n_1 = 0,6 \cdot 8 = 4,8 \text{ м}^2;$$

Зам. інв.							
Підпис та дата							
Інв. №							
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата	ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
							50

- для потоку, що нагрівається (сира вода)

$$F_{n2} = F_1 \cdot n_2 = 0,6 \cdot 8 = 4,8 \text{ м}^2.$$

5) Кількість пакетів в апараті

$$X = \frac{F_a}{F_n}; \quad (4.48)$$

- для гріючого потоку (мережна вода)

$$X_1 = \frac{8}{4,8} = 1,67;$$

Приймаю  $X_1 = 2$ .

- для потоку, що нагрівається (сира вода)

$$X_2 = \frac{8}{4,8} = 1,67.$$

Приймаю  $X_2 = 2$ .

6) Число пластин в апараті [2]

$$n_a = \frac{F_a + 2 \cdot F_n}{f_n}; \quad (4.49)$$

$$n_a = \frac{8 + 2 \cdot 0,6}{0,6} = 16 \text{ шт.}$$

7) Фактична площа поперечного перерізу пакетів [2]

$$f_n = f_1 \cdot m; \quad (4.50)$$

$$f_{n1} = 0,00245 \cdot 13 = 0,0319 \text{ м}^2;$$

$$f_{n2} = 0,00245 \cdot 13 = 0,0319 \text{ м}^2.$$

8) Фактична швидкість мережної води та сирої води в каналах теплообмінника

$$W_1 = \frac{9,77}{3600 \cdot 0,0319} = 0,085 \text{ м/с};$$

$$W_2 = \frac{56,88}{3600 \cdot 0,0319} = 0,495 \text{ м/с}.$$

Перевіримо величину вибраної поверхні площі поверхні теплообміну при фактичних швидкостях робочих середовищ

Число Рейнольдса за формулою (4.36) та (4.40)

$$Re_1 = \frac{0,085 \cdot 0,0083}{0,326 \cdot 10^{-6}} = 2164;$$

$$Re_2 = \frac{0,495 \cdot 0,0083}{1,156 \cdot 10^{-6}} = 3554.$$

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

51

Критерій Нуссельта за формулою (3.13) та (3.17)

$$Nu_1 = 0,135 \cdot 2164^{0,73} \cdot 1,947^{0,43} \cdot \left( \frac{1,947}{3,4} \right)^{0,25} = 42,5;$$

$$Nu_2 = 0,135 \cdot 3554^{0,73} \cdot 8,24^{0,43} \cdot \left( \frac{8,24}{3,4} \right)^{0,25} = 163.$$

Коефіцієнт тепловіддачі за формулою (4.39) та (4.43)

$$\alpha_1 = \frac{42,5 \cdot 0,68}{0,0083} = 3482 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$\alpha_2 = \frac{163 \cdot 0,587}{0,0083} = 11528 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт теплопередачі за формулою (4.44)

$$K = \frac{1}{\frac{1}{3482} + 0,00045 + 0,000063 + 0,00023 + \frac{1}{11528}} = 695,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

Площа поверхні теплообміну апарата

$$F_a = \frac{678294}{695,3 \cdot 62,13} = 15,7 \text{ м}^2.$$

Вибрана площа поверхні теплообміну  $F_a = 20 \text{ м}^2$  та схема компоновки достатні для заданих умов.

Гідромеханічний розрахунок

1) Фактична швидкість руху мережевої та сирової води в каналах теплообмінника

$$W_1 = 0,085 \text{ м/с}; \quad W_2 = 0,495 \text{ м/с}.$$

Число Рейнольдса

$$Re_1 = 2164; \quad Re_2 = 3554.$$

2) Коефіцієнт загального гідравлічного опору одиниці довжини каналу

$$\zeta = \frac{15}{Re^{0,25}}; \quad (4.51)$$

$$\zeta_1 = \frac{15}{2164^{0,25}} = 2,2;$$

$$\zeta_2 = \frac{15}{3554^{0,25}} = 1,94.$$

3) Гідравлічний опір пакетів пластин [5]

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{L_n}{d_e} \cdot \rho \cdot \frac{W^2}{2} \cdot X \cdot 10^{-3}; \quad (4.52)$$

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

52

$$\Delta P_1 = 2,2 \cdot \frac{1,01}{0,0083} \cdot 965,3 \cdot \frac{0,085^2}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 1,87 \text{ кПа};$$

$$\Delta P_2 = 1,96 \cdot \frac{1,01}{0,0083} \cdot 999 \cdot \frac{0,495^2}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 58,4 \text{ кПа}.$$

4) Перевіримо швидкість руху теплоносія в штуцерах

$$W_{шт} = \frac{4 \cdot V}{3600 \cdot \pi \cdot D_y^2}; \quad (4.53)$$

де  $D_y$  – діаметр умовного проходу кутового отвору штуцера

$$W_{шт1} = \frac{4 \cdot 9,77}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,2^2} = 0,09 \text{ м/с};$$

$$W_{шт2} = \frac{4 \cdot 56,88}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,2^2} = 0,5 \text{ м/с}.$$

Так як швидкості теплоносіїв у штуцерах менше граничних ( $W_{шт1} = 0,09 \text{ м/с} < 2,5 \text{ м/с}$ ) та ( $W_{шт2} = 0,5 \text{ м/с} < 2,5 \text{ м/с}$ ), то місцевий опір штуцерів врахований при розрахунку коефіцієнтів  $\zeta_1$  і  $\zeta_2$ .

Отже, в результаті розрахунку були обрані два теплообмінники фірми «ТЕРМОПРОМ» з умовним позначенням СТА-11-0,11-1,9-1,6-1-429,0.

Теплообмінник представлений на рисунку 4.9.

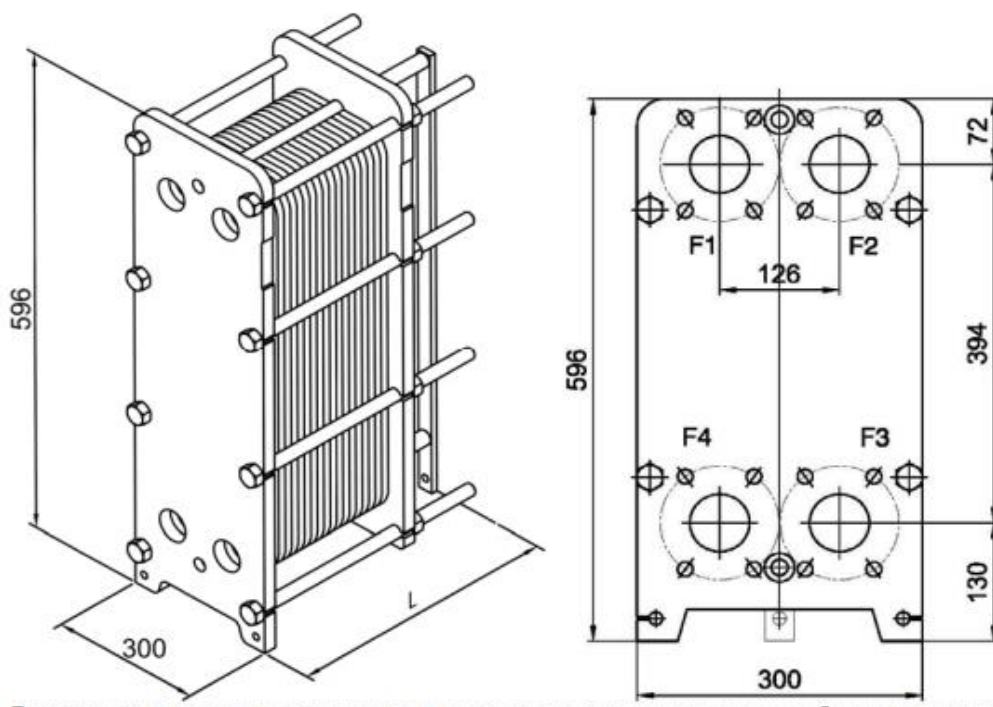


Рисунок 4.9 – Теплообмінник

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

53

## 4.4 Водопідготовка

### 4.4.1 Загальні положення

Вода, яка використовується в системі водопостачання на різних етапах має різну назву. Природна вода з джерела водопостачання називається початковою, або сирою, а вода, що подається в паровий котел, – живильною. Остання утворюється з конденсату і додаткової води.

Природна вода містить мінеральні і органічні домішки: грубодисперсні речовини з розміром часток більше 0,5 мкм; колоїдні речовини з частками розміром менше 0,001 мкм, до яких відносяться гази, солі і різні органічні речовини. Наявність цих речовин у воді приводить до внутрішньої корозії поверхонь нагріву котлів, устаткування і теплопроводів, а також появи накипу і шламу. Унаслідок чого, прохідний переріз труб зменшується, процес теплопередачі погіршується, і відбуваються локальні пережоги труб в котлах.

Для того, щоб запобігти цим процесам в котельних використовуються системи хімводопідготовки сирової води. В процесі хімводопідготовки сира вода очищується від шкідливих домішок, солей та ін.

### 4.4.2 Вибір схеми водопідготовки. Опис роботи

Система водопідготовки котельної призначена для підготовки води для підживлення теплових мереж із закритою системою теплопостачання.

Вибір схеми здійснюється за максимальним режимом роботи котельної – максимальному відсотку втрат в теплових мережах.

У котельній встановлена двоступінчата натрій-катіонітна водопідготовча установка (рис. 4.10)

Сира вода насосом подається в підігрівач сирової води, де нагрівається до температури 25°C. Далі вода поступає на перший ступінь хімводопідготовки, де відбувається зниження її твердості до 0,1 мг-екв/кг. Після першого ступеня вода поступає в підігрівач хімочищеної води, де нагрівається до 60°C. Подальше зменшення твердості води відбувається в другому ступені ХВП. (їх немає!!!)

Сира вода після натрій-катіонування пом'якшується, тобто знижується концентрація катіонів кальцію  $\text{Ca}^{2+}$  і магнію  $\text{Mg}^{2+}$ , які обумовлюють жорсткість води. Сиру воду пропускають через фільтри, завантажені катіонітним матеріалом, - сульфовуглем, при цьому катіони кальцію  $\text{Ca}^{2+}$  і магнію  $\text{Mg}^{2+}$  переходять з сирової води до катіоніту, а у воду переходять катіони натрію  $\text{Na}^+$ .

Катіонітний фільтр має з циліндричний корпус. Кожен катіонітний фільтр обладнаний відключаючими пристроями для управління роботою фільтру, відбору проб води, контролю за наповненням і для випуску повітря.

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

54

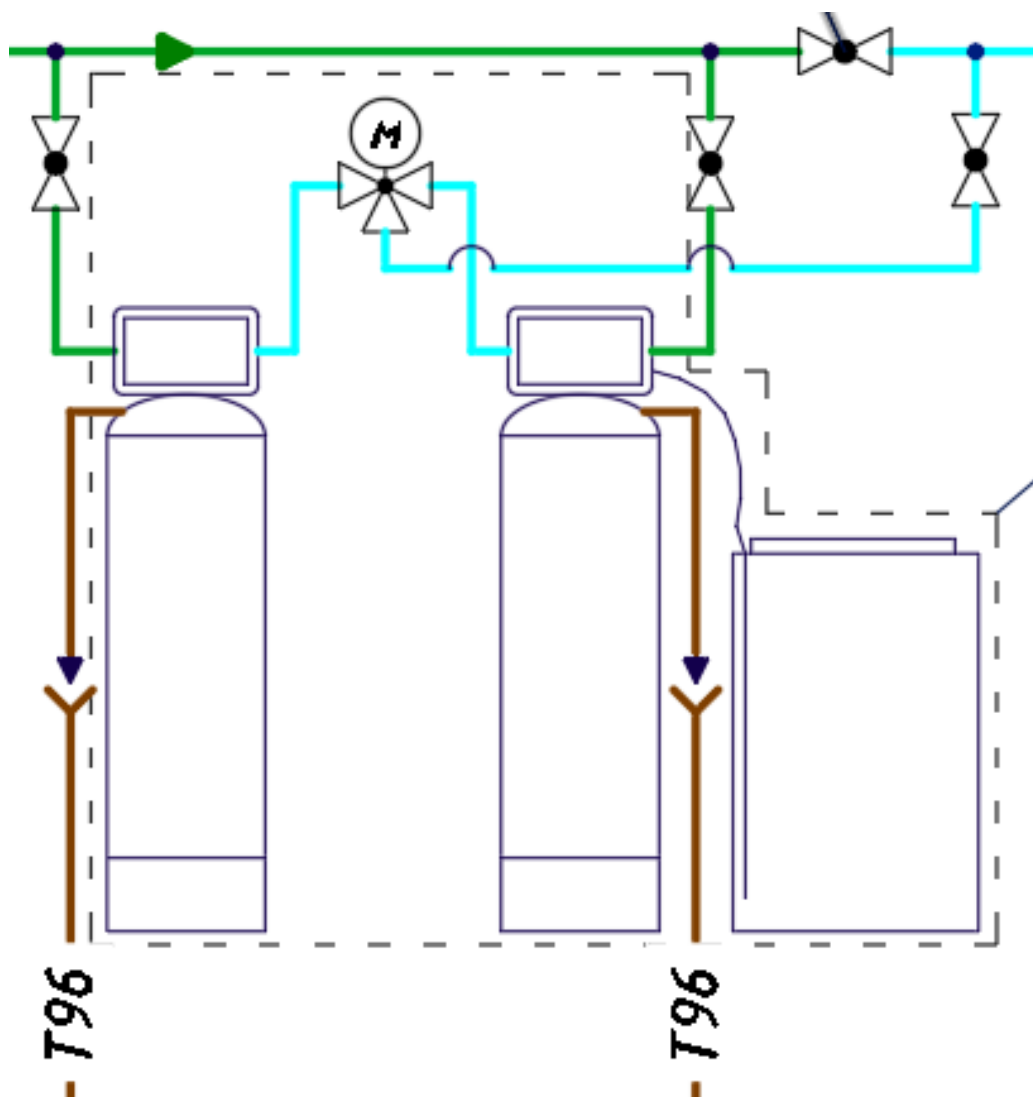


Рисунок 4.10 – Система водопідготовки

В процесі роботи пом'якшуюча здатність катіоніту поступово знижується. Її можна відновити регенерацією. Регенерація складається з операцій, що послідовно проводяться:

- розпушування;
- регенерація;
- відмивання.

При цілодобовій роботі фільтру, для безперебійної роботи в котельній передбачені резервні фільтри. При виході з ладу одного працюючого фільтру в процес включається резервний фільтр.

#### 4.4.3 Якість сирової води

Якість підживлюваної води для теплових мереж із закритою системою теплопостачання при установці сталевих водогрійних котлів повинна відповідати наступним вимогам:

- жорсткість карбонату.....не більше 0,7 мг-екв/л;
- взвішаних речовин.....не більше 5 мг/л;
- вміст кисню.....не більше 0,05 мг/л;

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

55

- концентрація водневих іонів..... 6,5 – 9,5;
- вільна вуглекислота.....відсутня.

Джерелом водопостачання котельної є міський водопровід.

На підставі аналізу сирової води і відповідно до вимог до якості підживлюваної і живильної води в котельній передбачена схема двоступінчатого натрій-катіонітного пом'якшування води.

#### 4.4.4 Продуктивність водопідготовки

З розрахунку теплової схеми відома витрата пом'якшеної води, що поступає в деаератор, яка є продуктивністю II ступеня водопідготовки, тобто

$$G_{II} = G_{\text{вит}} = 0,44 \text{ кг/с} = 1,6 \text{ т/год.}$$

Продуктивність першого ступеня

$$G_I = G_{\text{вит}} = 0,44 \text{ кг/с} = 1,6 \text{ т/год.}$$

Приймаємо загальну продуктивність водопідготовчої установки 1,6 т/год.

Приймаю продуктивність водопідготовки по фільтрах:

II-й ступінь	$G_{II} = 1,6 \text{ т/год.}$
I-й ступінь	$G_I = 1,6 \text{ т/год.}$

#### 4.4.5 Розрахунок натрій-катіонітних фільтрів

Розрахунок натрій-катіонітних фільтрів починаю з розрахунку фільтрів II-го ступеня, оскільки устаткування водопідготовки повинне забезпечити додаткову кількість води, що йде на власні потреби водопідготовчої установки.

#### 4.4.6 Розрахунок натрій-катіонітних фільтрів I-го ступеня

Вихідні дані

Продуктивність	1,6 т/год;
Загальна жорсткість	0,12 мг-екв/л;
Залишкова жорсткість	0,025 мг-екв/л;
Максимальна швидкість фільтрації	40 м/год.

До I-й ступені водопідготовчої установки по [6] приймаю один робочий натрій-катіонітний фільтр марки ФІПа I-1,0-0,6 Na з площею фільтрації  $f_{II} = 0,785 \text{ м}^2$ , діаметром  $D_{II} = 1000 \text{ мм}$  і висотою шару катіоніту  $h_{\text{сел}} = 2 \text{ м}$ .

Швидкість фільтрації [5]

$$\omega_{II} = \frac{G_{II}}{f_{II} \cdot n_{II}}; \quad (4.54)$$

$$\omega_{II} = \frac{1,6}{0,785 \cdot 1} = 2,04 \text{ м/год.}$$

Зам. інв.							
Підпис та дата							
Інв. №							
						ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
							56
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		



Кількість регенерацій [5]

$$m_{\Pi} = \frac{24 \cdot \mathcal{J}_o \cdot G_{\Pi}}{f_{\Pi} \cdot h_{\text{сл}} \cdot E_{\Pi} \cdot n_{\Pi}}; \quad (4.55)$$

де  $E_{\Pi}$  – робоча обмінна ємкість катіоніту,  $E_{\Pi} = 250$  г-екв/м<sup>3</sup> за [1];

$\mathcal{J}_o$  – загальна жорсткість води, що поступає у фільтр,  $\mathcal{J}_o = 0,1$  мг-екв/л.

$$m_{\Pi} = \frac{24 \cdot 0,1 \cdot 1,6}{0,785 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 1} = 0,01 \text{ рег/добу}.$$

Витрата 100% повареної солі на одну регенерацію

$$B_c = \frac{E_{\Pi} \cdot f_{\Pi} \cdot h_{\text{сл}} \cdot b_c}{1000}; \quad (4.56)$$

де  $b_c$  – питома витрата реагенту,  $b_c = 350$  г/г-екв за [1]

$$B_c = \frac{250 \cdot 0,785 \cdot 2 \cdot 350}{1000} = 137,4 \text{ кг/рег}.$$

Добова витрата солі [5]

$$B_c^{\text{доб}} = \frac{B_c \cdot m_{\Pi} \cdot n_{\Pi} \cdot 100}{93}; \quad (4.57)$$

де 93 – вміст NaCl в технічній солі %

$$B_c^{\text{доб}} = \frac{137,4 \cdot 0,042 \cdot 1 \cdot 100}{93} = 6,21 \text{ кг/добу}.$$

Витрата регенераційного розчину повареної солі

$$B_c^{26} = \frac{B_c \cdot 100}{1000 \cdot 1,2 \cdot 26}, \quad (4.58)$$

де 1,2 – густина 26 % розчину солі, т/м<sup>3</sup>;

26 % – процентний вміст солі в розчині.

$$B_c^{26} = \frac{137,4 \cdot 100}{1000 \cdot 1,2 \cdot 26} = 0,44 \text{ м}^3/\text{рег}.$$

Витрата води на взрихлюючу промивку [5]

$$q_{\text{взр}} = \frac{i \cdot f_{\Pi} \cdot 60 \cdot t_{\text{взр}}}{1000}, \quad (4.59)$$

де  $i$  – інтенсивність взрихлюючої промивки,  $i = 3$  л/(м<sup>2</sup>·с) за [1];

$t_{\text{взр}}$  – тривалість взрихлюючої промивки,  $t_{\text{взр}} = 20$  хв.

$$q_{\text{взр}} = \frac{3 \cdot 0,785 \cdot 60 \cdot 20}{1000} = 2,83 \text{ м}^3/\text{рег}.$$

Витрата води на приготування регенераційного розчину [5]

Зам. інв.							Арк. 57
Підпис та дата							ТП 81мп 28 08 ПЗ
Інв. №	Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата	

$$q_p = \frac{B_c \cdot 100}{1000 \cdot \rho_p \cdot b}, \quad (4.60)$$

де  $b$  – концентрація регенераційного розчину,  $b = 8 \%$ ;

$\rho_p$  – густина регенераційного розчину при  $20^\circ\text{C}$ ,  $\rho_p = 1,056 \text{ т/м}^3$ .

$$q_p = \frac{137,4 \cdot 100}{1000 \cdot 1,056 \cdot 8} = 1,63 \text{ м}^3/\text{рег.}$$

Витрата води на відмивання від продуктів регенерації [5]

$$q_{\text{від}} = q_{\text{кат}} \cdot f_{\text{II}} \cdot h_{\text{сл}}, \quad (4.61)$$

де  $q_{\text{кат}}$  – питома витрата води на відмивання катіоніту,  $q_{\text{кат}} = 6 \text{ м}^3/\text{м}^3$  за [1].

$$q_{\text{від}} = 6 \cdot 0,785 \cdot 2 = 9,42 \text{ м}^3/\text{рег.}$$

Витрата води на одну регенерацію [5]

$$q_v = q_{\text{взр}} + q_p + q_{\text{від}}, \quad (4.62)$$

$$q_v = 2,83 + 1,63 + 9,42 = 13,88 \text{ м}^3/\text{рег.}$$

Добова витрата води на регенерацію

$$q_v^{\text{доб}} = q_v \cdot m_{\text{II}} \cdot n_{\text{II}}; \quad (4.63)$$

$$q_v^{\text{доб}} = 13,88 \cdot 0,042 \cdot 1 = 0,58 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Витрата води на власні потреби за годину

$$q_v^{\text{сер}} = \frac{q_v^{\text{доб}}}{24}; \quad (4.64)$$

$$q_v^{\text{сер}} = \frac{0,58}{24} = 0,024 \text{ м}^3/\text{год}.$$

#### 4.4.7 Вибір допоміжного обладнання:

Склад реагентів

Зберігання повареної солі передбачає 30-ти денний запас, при доставці її автомобільними шляхами.

- об'єм резервуарів

$$V = \frac{1,5 \cdot B_c \cdot (b + \rho)}{1000}, \quad (4.65)$$

де  $b$  – необхідний запас на 30 діб;

$\rho$  – залишок солі на 10 діб.

$$V = \frac{1,5 \cdot (137,4 + 67,38) \cdot (30 + 10)}{1000} = 12,29 \text{ м}^3.$$

Зам. інв.							
Підпис та дата							
Інв. №							
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата	ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
							58

На території котельної є склад мокрого зберігання солі, що складається з двох ячеек ємністю по 25 м<sup>3</sup>, що цілком забезпечить зберігання необхідного запасу.

Насос розчину солі:

- тривалість регенерації

$$t_p = \frac{B_c^{26} \cdot 60}{\omega_p \cdot f}, \quad (4.66)$$

де  $\omega_p$  – швидкість перепуску,  $\omega_p = 4$  м/год.

$$t_p = \frac{0,22 \cdot 60}{4 \cdot 0,385} = 8,57 \text{ хв.}$$

- продуктивність насоса

$$V_n = \frac{B_c^{26} \cdot 60}{\omega_p}, \quad (4.67)$$

$$V_n = \frac{0,22 \cdot 60}{4} = 3,3 \text{ м}^3/\text{год.}$$

У котельній встановлено два насоси X50-32-125Д, зокрема один резервний, з наступними характеристиками:

- продуктивність 12,5 м<sup>3</sup>/год;
- тиск 0,125 МПа;
- потужність електродвигуна 4 кВт;
- частота обертання електродвигуна 2900 об/хв.

Фільтр розчину солі

Витрата 26 % розчину солі на фільтр приймаю 4 м<sup>3</sup>/год.

У котельній встановлений фільтр - солерозчинник, з площею фільтрації  $f = 0,78$  м<sup>2</sup> і діаметром  $D = 1000$  мм. Швидкість фільтрації

$$\omega = \frac{4}{0,78} = 5,2 \text{ м/год.}$$

Мірник розчину солі [5]

Зберігання міцного розчину солі здійснюється в мірнику.

- об'єм розчину солі:

$$V = \frac{B_c \cdot m_1 \cdot n_1 \cdot 100}{1000 \cdot 26 \cdot \rho_p}; \quad (4.68)$$

$$V = 137,4 \frac{0,116 \cdot 3 \cdot 100}{1000 \cdot 26 \cdot 1,2} = 0,153 \text{ м}^3.$$

У котельній встановлений бак-мірник ємністю 1,2 м<sup>3</sup>, що забезпечить отриманий об'єм.

Бак взрихлюючої промивки

Зам. інв.							
Підпис та дата							
Інв. №							
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата	ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
							59

- ємність баку

$$V = \frac{\alpha \cdot f \cdot i \cdot 60 \cdot t_{\text{отм}}}{1000}, \quad (4.69)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт запаса ємкості,  $\alpha = 1,3$ .

$$V = \frac{1,3 \cdot 0,785 \cdot 3 \cdot 60 \cdot 20}{1000} = 3,7 \text{ м}^3.$$

У котельній встановлений бак ємністю 5 м<sup>3</sup>, що забезпечує отриману величину.

Насос взривлюючої промивки [5]:

Витрата води на взривлюючу промивку складає 13,88 м<sup>3</sup>/рег.

У котельній встановлено чотири насоси 1,5К-8/19, зокрема один резервний, з наступними характеристиками:

- продуктивність 6 м<sup>3</sup> /ч;
- тиск 0,203 МПа;
- потужність електродвигуна 1,5 кВт;
- частота обертання електродвигуна 2860 об/хв.

В результаті розрахунку обираю станцію хімводоочстки фірми "BWT" RNDOMAT TWIN WS 1" 1054 та механічний фільтр з ручною промивкою PROTEKTOR BW 1".

Станція пом'якшення та фільтр представлені на рисунках 4.11 та 4.12 відповідно.



Рисунок 4.11 – Установка хім. очистки

Інв. №	Підпис та дата					Зам. інв.												
<table border="1"> <tr> <td>Зм.</td> <td>Кільк.</td> <td>Арк.</td> <td>№док</td> <td>Підпис</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата							ТП 81мп 28 08 ПЗ  Арк. 60
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата													



Рисунок 4.12 - механічний фільтр з ручною промивкою

#### 4.5 Висновки з розділу 4

В результаті розрахунків, було обране таке обладнання:

- три водогрійні котли GREENOx.e 70, тепловою потужністю 0,7 МВт;
- два мережевих насоси фірми "WILO" типу IL 65/160-7.5/2 (1 насос робочий, 1 насос в резерві);
- насосна станція підживлення мережі фірми "WILO" типу CO 2 HELIX V 406/CE (1 насос робочий, 1 насос в резерві);
- два насоси подачі гарячої води фірми "WILO" типу IP-E-8/65-1.5/2 (1 насос в роботі, 1 насос в резерві);
- два паралельно під'єднаних теплообмінники фірми «TERMOPROM» з умовним позначенням СТА-11-0,11-1,9-1,6-1-429,0;
- станція пом'якшення фірми "BWT" типу RNDOMAT TWIN WS 1" 1054;
- фільтр з ручною промивкою фірми "BWT" типу PROTEKTOR BW 1".

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

61

## 5 ГАЗОПОСТАЧАННЯ

### 5.1 Вихідні дані

Розділ "Вузол обліку газу", проекту "Реконструкція котельні по вул. Дубнівська, 32-б в м. Луцьк", виконаний для комерційних розрахунків між споживачем та газоподавальною організацією за використаний природний газ згідно вимог: "Правил подачі та використання природного газу в народному господарстві України".

Робочий проект виконаний згідно з вимогами:

ДБН В.2.5–20–2018 "Газопостачання";

НПАОП 0.00–1.76–15 "Правила безпеки систем газопостачання".

Наказ №618 від 27.12.2005 «Про затвердження Правил обліку природного газу під час його транспортування газорозподільними мережами, постачання та споживання».

ДБН А.2.2-3-14 "Склад, порядок розроблення погодження та затвердження проектної документації для будівництва";

ДСТУ 21.408-93 "Правила виконання робочей документації автоматизації технологічних процесів";

Інструкцій і рекомендацій заводів-виробників всіх видів обладнання, яке використовується в проекті.

### 5.2 Підстава для виконання проекту

Проект " Реконструкція котельні по вул.Дубнівська, 32-б м. Луцьк" виконаний на основі технічних умов виданих ПАТ "Волиньгаз", завдання на проектування.

### 5.3 Проектні рішення

Робочий проект "Реконструкція котельні по вул Дубнівська, 32-б в м. Луцьк" передбачає: прокладання внутрішніх газопроводів до проектуемого обладнання, встановлення єдиного комерційного вузла обліку газу в приміщенні котельної.

Проектне обладнання:

Водогрійний котел фірми "Ici Caldaie " типу GREENOX.e.70, Q=700 кВт (ККД=95,37%) у кількості – 3 шт., з газовим пальником "Weishaupt" WM-G20/2-A, ZM-LN.

Лічильник для комерційного вузла обліку підбирається для роботи вищезазначеного обладнання.

Розрахунок витрати газу на нове газоспоживаюче обладнання, м³/год

$$V_n = \frac{Q_k}{Q_n \eta} 3600; \quad (5.1)$$

$Q_k$  - теплопродуктивність котла, кВт;

$Q_n$  - нижча теплота спалювання газу, кДж/ м³;

$\eta$  - ККД котла.

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

62

Максимальна витрата на один котел GREENOx.e.70 при 100% навантаженні

$$V_n = \frac{700}{33696,1 \cdot 0,9537} \cdot 3600 = 78,3 \text{ м}^3/\text{год};$$

Максимальна витрата на три котли GREENOx.e.70 при 100% навантаженні

$$V_n = 78,3 \cdot 3 = 234,9 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Мінімальна витрата природного газу для рекомендованої мінімальної теплопродуктивності котла яка складає 30% від номінальної потужності котла.

Мінімальна витрата на один котел GREENOx.e.70 при мінімальній потужності пальника:

$$V_n^{\min\_пальника} = \frac{250}{33696,1 \cdot 0,9537} \cdot 3600 = 28,0 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Газопостачання котлів передбачається від газопроводу низького тиску ( $P_p \leq 0,003$  МПа) від існуючого внутрішньо-площадкового газопроводу Ду100 на території підприємства.

Газопостачання передбачається природним газом з нижчою теплотворною здатністю 8050 ккал/м<sup>3</sup> і густиною 0,70 кг/м<sup>3</sup>, газ одарований.

Розділ ВОГ передбачає облаштування комерційного вузла обліку газу на вводі газопроводу в приміщення котельні з встановленням лічильнику фірми "Курс" типу Курс-01 G160 (1:160) DN100.

Будівельно-монтажні роботи по газопостачанню слід виконати спеціалізованою будівельно-монтажною організацією в строгій відповідності з вимогами діючих норм "Правил безпеки систем газопостачання України", ДБН В.2.5-20-2018 "Газопостачання", текстами погоджень і відомчими інструкціями, затвердженими для монтажних організацій.

Джерелом газопостачання котельні - є існуючий внутрішньо-площадковий газопровід низького тиску Ду100 мм, що прокладений по фасаду будівлі.

Відключаюча засувка Ду100 знаходиться за межами території споживача на газопроводі низького тиску.

Згідно ТУ ПАТ «Волиньгаз», ВОГ має бути встановлено на межі балансової належності до об'єкту, на газопроводі низького тиску 0,003МПа, максимальна витрата газу – 203,9 м<sup>3</sup>/год.

В приміщенні котельні встановлені:

Водогрійний котел фірми "Ici Caldaie " типу GREENOx.e.70, Q=700 кВт (ККД=95,37%) у кількості – 3 шт., з газовим пальником "Weishaupt" WM-G20/2-A, ZM-LN.

Результати розрахунків представлені в табл. 5.1, а діапазони вимірювання ВОГ – у табл.5.2.

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

63

Таблиця 5.1 – Результати розрахунків витрат газу

Група ГСО, №	Тип і Назва ГСО	Макс. потужність	Статус	Кількість	витрата ГСО, м <sup>3</sup> /год за ст. ум. (згідно розрахунку)				Режим роботи ГСО
					на одиницю		загальна		
		кВт	нове/ діюче	Од	Q <sub>min</sub>	Q <sub>max</sub>	Q <sub>min</sub>	Q <sub>max</sub>	неперервний/ імпульсний
	GREENOX.e.70 Q=700 кВт (ККД=95,37%) з газовим пальником Weishaupt WM-G20/2-A ZM- LN	700	нове		28,0	78,3	28,0	234,9	імпульсний
	Діапазон витрати групи ГЛО:						14,13	234,9	

Таблиця 5.2 – Необхідні діапазони вимірювання ВОГ

Назва параметру:	мінімум:		максимум:	
пікові витрати газу:	14,13	нм <sup>3</sup> /год	234,9	нм <sup>3</sup> /год
надлишковий тиск газу:	0,001	МПа	0,005	МПа
температура газу:	-25	°C	40	°C

#### 5.4 Вибір лічильника та розрахунок діапазону вимірювання ВОГ згідно ТУ

Діапазон витрати природного газу на ГСО складає: 14,13 – 203,9 нм<sup>3</sup>/год при стандартних умовах.

Діапазон вимірювання об'єму газу лічильником Курс-01 G160 (1:160), DN100, складає: 1,6 – 250 м<sup>3</sup>/год при робочих умовах.

Перевірка пропускної здатності лічильника виконується за формулою, м<sup>3</sup>/год

$$q_{\max \text{ з.л. (min з.л.)}} = \frac{q_{\max \text{ з.о.с. (min з.о.с.)}} \cdot T_{\max(\min)} \cdot 0,101325 \cdot Z}{P_{\min(\max)} \cdot 293,15}, \quad (5.2)$$

де:  $q_{\max \text{ з.л. (min з.л.)}}$  – максимальна (мінімальна) пропускна спроможність лічильника за робочих умов згідно паспорту заводу-виробника, м<sup>3</sup>/год;

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

64



$q_{номг.л.}$  – номінальна пропускна спроможність лічильника за робочих умов згідно паспорту заводу-виробника, м<sup>3</sup>/год;

$q_{max з.о.(min з.о.)}$  – максимальна (мінімальна) можлива витрата всього ГСО, яка приведена до робочих умов, м<sup>3</sup>/год;

$q_{max з.о.с.(min з.о.с.)}$  – максимальна (мінімальна) можлива витрата всього ГСО, яка приведена до стандартних умов, м<sup>3</sup>/год;

$P_{min(max)}$  – мінімальний (максимальний) абсолютний тиск газу в МПа;

$T_{max(min)}$  – максимальна (мінімальна) абсолютна температура газу, К;

$Z$  – коефіцієнт стисливості газу згідно NX19 мод./GERG 91 мод.

Розрахунковий діапазон ВОГ буде такий:

$$q_{max з.о.} = \frac{203,9 \cdot (273,15 + 40) \cdot 0,101325 \cdot 0,99538}{(0,001 + 0,101325) \cdot 293,15} = 214,68 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$q_{min з.о.} = \frac{14,13 \cdot (273,15 + (-25)) \cdot 0,101325 \cdot 0,97614}{(0,005 + 0,101325) \cdot 293,15} = 11,13 \text{ м}^3/\text{год}.$$

## 5.5 Підготовка ВОГ до пломбування

Елементи ВОГ повинні мати отвори (всі отвори типу повітря-повітря) для заведення дроту при пломбуванні:

ручки кульових кранів (по два отвори - біля гайки та біля кінця ручки);

всі накидні гайки на імпульсній лінії, яка веде до ПАТ (по одному отвору);

болти, шпильки й гайки на фланцях;

фланці лічильника, а також фільтру й знімних діляниць трубопроводу;

всі дрібні болти, гвинти, які встановлені в важливих місцях, з точки зору забезпечення недоступності ВОГ для зміни метрологічних характеристик, (болт ПТ, гвинт біля імпульсного виходу лічильника газу та ін.);

всі не приєднані виходи газових труб (після кранів або засувки) повинні блокуватися суцільними металевими заглушками, які мають отвір для пломбування.

## 5.6 Визначення діаметрів газопроводу

Діаметри газопроводів визначені на підставі гідравлічного розрахунку.

Розрахунок газопроводів виконано на ПК. По програмі, алгоритми якої побудовані на основі ДБН В.2.5-20-2001. Згідно з ДБН, при розрахунках місцеві опори враховуються шляхом збільшення розрахункової довжини газопроводу на 10%. Розрахунки виконані для витрати газу при максимальному споживанні газу всього ГСО, що встановлюється на підприємстві. При цьому максимальна витрата газу становить  $Q_{max}=135,49 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

65

Гідравлічний розрахунок газопроводу виконується згідно відповідної формули. Значення діаметра газопроводу попередньо визначається по формулі, приведений в п.Е.17 Додатку Е:

$$d = 0,036238 \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot (273 + t)}{P_m \times V}}, \quad (5.3)$$

де:  $d$  – внутрішній діаметр газопроводу, см;

$t$  – температура газу,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$P_m$  – тиск газу (абсолютний) на розрахунковій ділянці газопроводу, МПа;

$V$  – швидкість газу, м/сек.

Гідравлічний розрахунок газопроводу.

Згідно з ДБН В.2.5-20-2001 розрахунок виконуємо по формулі

$$\frac{P_1^2 - P_2^2}{l} = 1,4 \cdot 10^{-5} \left( \frac{n}{d} + 1922 \frac{\gamma d}{Q} \right)^{0,25} \cdot \frac{Q^2}{d^5}, \quad (5.4)$$

де  $P_1$  – абсолютний тиск газу на початку газопроводу, МПа;

$P_2$  – то же в кінці газопроводу, МПа;

$l$  – розрахункова довжина газопроводу постійного діаметра, м;

Розрахункова довжина газопроводу дорівнює

$$l = l_1 + \sum \zeta \cdot ld, \quad (5.5)$$

де  $l_1$  – лінійна довжина газопроводу, м;

$\sum \zeta$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів ділянки газопроводу довжиною  $l_1$ ;

$ld$  – еквівалентна довжина прямолінійних ділянок газопроводу, втрати тиску на якому рівні втратам тиску з місцевим опором із значенням коефіцієнта  $\zeta = 1$ .

Для всієї області турбулентного режиму руху газу

$$ld = \frac{d}{11 \left( \frac{n}{d} + 1922 \frac{\nu d}{Q} \right)^{0,25}}, \quad (5.6)$$

де  $n$  – еквівалентна абсолютна шорсткість внутрішньої поверхні стінки труби, см;  $n = 0,01$  см (для сталевих труб);

$d$  – внутрішній діаметр газопроводу, см;

$\nu$  – кінематична в'язкість газу,  $\text{м}^2/\text{сек}$ ;  $\nu = 14,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сек}$ ;

$Q$  – витрата газу,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$\rho$  – густина газу,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\rho = 0,73 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Розрахунок проводимо згідно з ДБН В.2.5-20-2001.

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

66

### 5.7 Висновки з розділу 5

Лічильник об'єму газу КУРС-01 G160 (1:160), DN100 забезпечує вимірювання витрати природного газу в заданому діапазоні вимірювання.

$$q_{\text{ном.г.л.}} \leq q_{\text{мах.г.о.}} \leq q_{\text{мах.г.л.}} - 160 \leq 214,68 \leq 250 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$q_{\text{мін.г.о.}} \geq K \cdot q_{\text{мін.г.л.}} - 11,13 \geq 1,6 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Поблизу лічильника забороняється установка механізмів, працюючих з ударами і вібраціями. Для забезпечення можливості монтажу, огляду і ремонту газопроводу і обладнання, відстань від газового лічильника до будівельних конструкцій більше 0,5 м.

Усі засоби вимірювальної техніки, що застосовані в даному проекті, занесені у Державний реєстр засобів вимірювальної техніки, які можна використовувати в Україні.

Експлуатацію газового лічильника, датчиків тиску і температури виконувати згідно технічних описів та інструкцій заводів-виробників.

Інв. №	Підпис та дата	Зам. інв.							ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
										67
			Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

## 6 ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЯ

### 6.1 Загальна частина

Розрахунок теплових витрат на потреби опалення та розрахунок вентиляції приміщення котельні в м. Луцьку виконаний у відповідності з такими документами:

ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні»;

ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»;

ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель».

### 6.2 Вихідні данні

В якості вихідних даних прийняті розрахункові параметри зовнішнього повітря для м. Луцьк за даними ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»:

найхолодніша п'ятиденка забезпеченістю 0,92: - 20°C;

найжаркіша п'ятиденка забезпеченістю 0,99: +25°C;

тривалість опалювального періоду: 180 доба;

середня температура опалювального періоду: +0,3°C.

#### 6.2.1 Характеристика будівлі котельні

Котельня, де розміщені котли та допоміжне обладнання, являє собою двоповерхову окремо розташовану будівлю, прямокутну в плані, без підвалу з розмірами в осях 18,0 x 49,2 м. Висота приміщення до низу перекриття 5 м.

Приміщення котельні розмірами в плані 21,0 x 13,0 м.

Конструктивна схема будівлі представлена у вигляді збірного залізобетонного каркасу:

стіни з силікатної цегли на цементно-піщаному розчині;

колони залізобетонні, розмірами 400x400 мм;

балки покриття залізобетонні;

перекриття – збірні залізобетонні ребристі плити;

покрівля – руберойд у два шари;

сходи металеві.

Просторова жорсткість і незмінність будівлі забезпечується залізобетонними формами та балками покриття, ребристими залізобетонними плитами покрівлі та цегляними стінами.

### 6.3 Теплові надходження

Розрахункові температури зовнішнього повітря: взимку - 20°C, влітку +25°C.

Температура внутрішнього повітря в котельному залі для холодного періоду прийнята +12°C, для теплого періоду +23°C (присутні постійні робочі місця).

Теплові надходження в холодний період в приміщення котельні:

#### 6.3.1 Від зовнішньої ізоляції котла

$$Q_{\text{КОТЛ}}^{\text{ВОД}} = Q \cdot q_5, \quad (6.1)$$

де  $Q$  – потужність котла (за паспортом  $Q=0,7$  МВт);

Зам. інв.												Арк.	
Підпис та дата												68	
Інв. №													
		Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата	ТП 81мп 28 08 ПЗ					

$q_5$  – втрати тепла котла в навколишнє середовище з випромінюванням (за паспортом  $q_5=0,36\%$ ).

$$Q_{\text{котл}}^{\text{вод}} = 0,7 \cdot 0,36\% = 2,52 \text{ кВт.}$$

Так як в котельні встановлюється 3 котли, то сумарні теплові надходження складають

$$\sum Q_{\text{котл}}^{\text{вод}} = n \cdot Q_{\text{котл}}^{\text{вод}}, \quad (6.2)$$

де  $n$  – кількість котлів (встановлюється 3 котлоагрегати).

$$\sum Q_{\text{котл}}^{\text{вод}} = 3 \cdot 2,52 = 7,56 \text{ кВт.}$$

6.3.2 Від технологічного устаткування та трубопроводів

$$Q_{\text{об}} = \alpha \cdot (t_{\text{із}} - t_{\text{пр}}) \cdot F, \quad (6.3)$$

де  $F$  – сумарна площа поверхонь ізоляції обладнання та трубопроводів ( $141,43 \text{ м}^2$ );

$t_{\text{пр}}$  – температура в приміщенні котельні  $^{\circ}\text{C}$  ( $12^{\circ}\text{C}$ );

$t_{\text{із}}$  – середня температура на поверхні ізоляції  $^{\circ}\text{C}$  ( $40^{\circ}\text{C}$ );

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі при природній конвекції ( $8,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ ).

$$Q_{\text{об}} = 8,6 \cdot (40 - 12) \cdot 141,43 = 34,06 \text{ кВт};$$

6.3.3 Від роботи електродвигунів

$$Q_{\text{ел.дв.}} = N \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{1-\eta}{\eta}, \quad (6.4)$$

де  $N$  – номінальна потужність електродвигунів, кВт;

$K_1$  – коефіцієнт завантаження ( $K_1=0,7$ );

$K_2$  – коефіцієнт сумісності роботи обладнання ( $K_2=1$ );

$\eta$  – ККД електродвигунів.

$$Q_{\text{ел.дв.}} = 102,5 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot \frac{1 - 0,75}{0,75} = 23,92 \text{ кВт.}$$

Сумарні теплові надходження від роботи котельні до котельної зали складають –  $65,64 \text{ кВт}$ .

## 6.4 Вентиляція

Існуюча система вентиляції котельні запроектована для умов асиміляції теплонадходжень від працюючого обладнання та забезпечення однократного повітрообміну за годину.

Вентиляція котельного залу запроектована припливно-витяжна з природним спонуканням.

Розрахунок витрати повітря на горіння палива в котлах:

$$G_{\text{пов}}^{\text{гор}} = \alpha \cdot B \cdot V^0, \quad (6.5)$$

де  $B$  – витрата палива,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$V^0$  – теоретично необхідна кількість повітря для спалювання  $1 \text{ м}^3$  газу;

$\alpha$  – коефіцієнт надлишку повітря.

Розрахунок витрати газу на нове газоспоживаюче обладнання

$$B = \frac{Q_k}{0,001163 \cdot Q_H^p \cdot \eta}, \quad (6.6)$$

де  $B_H$  - витрата газу при нормальних умовах,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

Зам. інв.							ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
Підпис та дата								69
Інв. №								
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата			

$Q_k$ - теплопродуктивність котла, кВт;

$Q_n^p$ - нижча теплота спалювання газу кДж/м<sup>3</sup>.

$\eta$  - ККД котла ( $\eta = 94,5\%$ , по паспорту котла).

$$G_{\text{пов}}^{\text{гор}} = 1,15 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^3}{0,001163 \cdot 8050 \cdot 0,945} \cdot 9,8 = 237,36 \text{ м}^3/\text{год},$$

Розрахунок витрати повітря на забезпечення однократного повітрообміну в залі де розташовуються котлоагрегати:

$$G_{\text{пов}}^{\text{об}} = V \cdot K, \quad (6.7)$$

де  $V$  – об'єм котельного залу не зайнятий обладнанням та трубопроводами;

$K$  – кратність повітрообміну ( $K=1$ ).

$$V = V_{\text{кот}} \cdot V_{\text{об}}, \quad (6.8)$$

де  $V_{\text{кот}}$  – об'єм котельного залу (по техпаспорту  $V_{\text{кот}}=1365 \text{ м}^3$ );

$V_{\text{об}}$  – сумарний об'єм обладнання, трубопроводів та арматури ( $V_{\text{об}}=116,9 \text{ м}^3$ ).

$$G_{\text{пов}}^{\text{об}} = (1365 - 116,9) \cdot 1 = 1248,1 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Вентиляція котельні виконана в об'ємі:

- необхідному для забезпечення горіння палива в котлах  $237,36 \text{ м}^3/\text{год}$ ;

- однократного повітрообміну в приміщенні котельного залу  $1248,1 \text{ м}^3/\text{год}$ , що відповідає вимогам ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні», оскільки котельний зал має такі характеристики:

висота залу – 5 м;

площа залу –  $273 \text{ м}^2$ ;

об'єм залу –  $1365 \text{ м}^3$ .

Проектом передбачається подача необхідної кількості зовнішнього повітря до зали  $1486 \text{ м}^3/\text{год}$  через решітки розмірами  $1000 \times 1000 (\text{h}) \text{ мм}$  – з площею «живого» перерізу  $F_{\text{ж.п}}=0,5743 \text{ м}^2$  – 2 шт. Встановлення решіток виконати у віконних рамах будівлі.

Видалення повітря з котельні здійснюється через котлоагрегат в об'ємі, необхідному для спалювання палива, та з витяжкою повітря з верхньої зони котельні через існуючий дефлектор  $500 \times 500 \text{ мм}$  – 3 шт.

## 6.5 Опалення

Опалення котельного залу передбачено за рахунок теплонадлишків від технологічного обладнання та системи опалення котельні.

Теплові втрати через огорожуючі конструкції в котельний зал розраховані за нормативною методикою наведеною вище у програмі MS Excel і складають  $90 \text{ кВт}$ .

Потік теплоти на підігрів повітря, що надходить в котельний цех:

$$Q_n = c_n \cdot \rho_n \cdot G_n \cdot (t_{\text{вн}} - t_n), \quad (6.9)$$

де  $c_n$  – питома теплоємність повітря ( $c_n=1005 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ );

$\rho_n$  – густина повітря ( $\rho_n=1,226 \text{ кг/ м}^3$ );

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

70

$G_n$  – витрата повітря.

$$Q_n = 1,005 \cdot 1,226 \cdot \left(1486 \cdot \frac{1,226}{3600}\right) \cdot (12 - (-20)) = 20,6 \text{ кВт.}$$

Сумарні теплові надходження в котельню менші за теплові втрати огорожувальних конструкцій та підігрів припливного повітря.

Тому проектом встановлюється система повітряного опалення приміщення до температури +12 °С. Необхідна продуктивність проектної системи опалення котельного залу становить:

$$Q_{оп} = Q_n + Q_{втр} - Q_{над}; \quad (6.10)$$

$$Q_{оп} = 20,6 + 90 - 65,64 = 45,2 \text{ кВт.}$$

Тому проектом застосовується система повітряного опалення приміщення до температури +12°С. Необхідна продуктивність проектної системи опалення котельного залу 40,2 кВт.

Для опалення котельної зали встановлено один опалювальний агрегат Premium ECO E40 номінальною потужністю 40,5 кВт.

Опалення побутових приміщень забезпечується існуючою радіаторною системою опалення.



Рисунок 6.1 – Протон Premium ECO E40

Зам. інв.		Підпис та дата		Інв. №								ТП 81мп 28 08 ПЗ		Арк.
														71
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата									

## 7 АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

Проектом передбачається встановлення трьох димових труб для відведення димових газів від кожного з котлів. Матеріал газоходів та димової труби – утеплена двохстінна нержавіюча оцинкована сталь. Завод виробник «Версія Люкс».

### 7.1 Вихідні дані

- Потужність одного котла –  $Q = 700$  кВт;
- Розрахункова температура навколишнього повітря –  $T_{\text{в}} = -20$  °С;
- Температура відхідних газів (паспорт котла) –  $T_{\text{г}} = 124$  °С;
- Температура повітря, оточуючого димохід –  $T_{\text{ов}} = -20$  °С;
- Коефіцієнт теплопередачі стінок димоходу (сталь утеплена) –  $K_{\text{ст}} = 2,9$  кВт/м<sup>2</sup>·°С;
- Висота димової труби (задаю) –  $H = 13,5$  м;
- Довжина горизонтальної ділянки –  $L = 9$  м;
- Коефіцієнт тертя газоходів –  $\lambda = 0,02$ ;
- ККД котла –  $\eta = 0,9537$ ;
- Діаметр горизонтальної ділянки –  $D_{\text{г}} = 0,35$  м;
- Діаметр вертикальної ділянки –  $D_{\text{в}} = 0,35$  м;
- Коефіцієнт надлишку повітря в пальнику –  $\alpha = 1,15$ ;
- Нижча теплота згоряння палива –  $Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 33696,1$  кДж/м<sup>3</sup>.

### 7.2 Розрахунок

Розрахунки виконані за нормативною методикою у програмі Excel.

Розрахунки та результати наведені нижче

2. Витрата палива:		3. Питома необхідність в повітрі:	
$G = \frac{Q}{Q_n \cdot \eta} = 78,312896 \text{ нм3/час}$		$V_g = \frac{1,12 \cdot Q_n}{1000} = 9,016 \text{ м3/нм3}$	
3. Питомий об'єм продуктів спалювання:		4. Нормативний об'єм продуктів спалювання	
$V_{nc} = \alpha \cdot V_g = 10,3684 \text{ м3/нм3}$		$V_{n.nc} = G \cdot V_{nc} = 811,97943 \text{ нм3/ч}$	
5. Охолодження димових газів:		6. Середня температура газів	
$\Delta t = \frac{(T_z - T_{os})}{C_g \cdot V_{n.nc} / (K_{cm} \cdot F) + 0,5} = 1,994190535 \text{ грC/м}$		$T_{cp} = T_z - \frac{(L + H) \cdot \Delta t}{2} = 101,57 \text{ }^{\circ}\text{C}$	
7. Фактичний секундний об'єм продуктів горіння:			
$V = V_{nc} \cdot \frac{G}{3600} \cdot \left( \frac{273 + T_{cp}}{273} \right) = 0,309462112 \text{ м3/сек}$			
8. Швидкість газів на горизонтальній ділянці:		9. Шв. Газів на вертикальній ділянці	
$W_{гор} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_g^2} = 3,2181 \text{ м/с}$		$W_{верт} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_m^2} = 3,2181163 \text{ м/с}$	

Рисунок 7.1 – Аеродинамічний розрахунок

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

72



10. Питома вага гізів на гор. ділянці:						11. Питома вага гізів на вертикальній ділянці:		
$\gamma_{гор} = \frac{\gamma_0 \cdot 273}{T_{ср} + 273} = 0,9215 \text{ кг/м}^3$						$\gamma_{верт} = \frac{\gamma_0 \cdot 273}{T_{ср} + 273} = 0,976652 \text{ кг/м}^3$		
12. КМО:								
Вид	внезапн. сужен.	внезапн. расш.	повор. 90гр	расшир. с повор. 90гр	тяго прерыв	тройник		выход из трубы
						проход	повор.	
КМО	0,3	0,43	0,45	1,2	0,5	0,5	1,5	1,5
к-во на гор. уч-ке	0	0	3	0	1	1	1	0
к-во на верт. уч-ке	0	0	0	0	0	0	1	1
13. Втрати тиску на гор. ділянці:								
$\Delta p_{гор} = \left( \lambda \cdot \frac{L}{D_z} + \sum \xi \right) \cdot \frac{W_{гор}^2}{2g} \cdot \gamma_{гор} = 2,123 \text{ мм.в.ст.}$								
14. Втрати тиску на верт. ділянці:								
$\Delta p_{верт} = \left( \lambda \cdot \frac{H}{D_m} + \sum \xi \right) \cdot \frac{W_{верт}^2}{2g} \cdot \gamma_{ср} = 1,944 \text{ мм.в.ст.}$								
15. Повний аеродинамічний опір:						4,0669706 мм.в.ст.		
16. Самотяга димової труби:								
$H_c = H \cdot \left( \gamma_s \cdot \frac{273}{273 + T_s} - \gamma_0 \cdot \frac{273}{273 + T_{ср}} \right) \cdot \frac{g}{9,81} = 5,6506 \text{ кг/м}^2$								
17. Висновок: самотяга перевищує опір тракту на								
1,583609 мм.в.ст.								

Рисунок 7.2 – Аеродинамічний розрахунок (продовження).

### 7.3 Висновки з розділу 7

В результаті розрахунку була обрана димова труба «Версія Люкс» діаметром 450/320 мм, висотою 13,5 м.

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

73

## 8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В цьому розділі запропоновані для розробки відповідні технічні рішення та організаційні заходи з безпечної експлуатації спроектованого обладнання, а також технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії і визначені основні заходи з безпеки у надзвичайних ситуаціях.

### 8.1 Технічні рішення

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я, життя й працездатності людини в процесі праці.

Тема магістерського проекту: «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для теплопостачання групи житлових будинків у м. Луцьку». Основним видом палива є природний газ. Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщеннях котельні виконані згідно вимог ДБН В.2.5-77:2014 “Котельні” та НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском.

При проектуванні котельні виконані вимоги ДБН В.2.5-77:2014 “Котельні” та інших чинних нормативних актів з охорони праці та пожежної безпеки. Архітектурно - планувальні та будівельні рішення забезпечують заходи з охорони праці та протипожежні заходи у відповідності з ДБН В.2.5-77:2014 “Котельні”, НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні та вимогам чинних нормативно - правових актів - ДБН В.2.5-20:2018, НПАОП 0.00-1.76-15 Правила безпеки систем газопостачання та ін.

На котельні розташовані спеціальні та побутові приміщення (сан. вузли, гардеробні, лабораторія ХВО, майстерні КВП, кабінет начальника котельні, кабінет старшого майстра, операторна та ін.)

Проектом забезпечується автоматичне ведення процесу виробництва теплової енергії, передбачаються заходи з охорони праці, промислової санітарії, які забезпечують нормальні умови для персоналу при експлуатації котельні.

У комплект котла фірми Greeno X.E входить запобіжна, регулююча арматура, комплекс пристроїв, що забезпечують автоматичне керування котлоагрегатом і захист від аварійних ситуацій, засоби контролю та сигналізації.

Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщенні котельні виконано згідно з НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском і передбачає можливість демонтажу і монтажу котлів в умовах діючого виробництва.

#### 8.1.1 Система автоматизації

В розробленому проекті системи автоматизації забезпечують:

1. Контроль параметрів технологічного процесу і сигналізацію відхилень їх від заданого значення.

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

74

2. Автоматичне управління основними технологічними блоками, агрегатами і виконавчими механізмами.

3. Автоматичне регулювання основних технологічних параметрів.

4. Автоматичне відключення подачі газу при підвищенні допустимої концентрації горючих газів у приміщенні.

5. Автоматичне відключення котлів в аварійних ситуаціях.

Підтримання технологічних режимів відбувається автоматично за допомогою регуляторів фірми "Ici Caldaie", вбудованих в котли, і які поставляються в комплекті з технологічним обладнанням.

Передбачений у проекті обсяг автоматизації та контролю котельні забезпечує надійну, економічну і безаварійну роботу обладнання, а також можливість аналізу роботи обладнання.

Водогрійні котлоагрегати Greeno X.E 70 укомплектовані повним комплексом засобів автоматизації для управління та контролю за роботою системи.

Комплекс засобів управління забезпечує автоматичний пуск і зупинку котла за алгоритмом, який задається в залежності від температури зовнішнього повітря, автоматичне регулювання температури води за котлом, сигналізацію про роботу комплексу і стан котла, захист котла і переривання подачі палива при виникненні аварійної ситуації за такими параметрами:

- Переривання подачі води в котел;
- Згасання факела в топці;
- Перевищення тиску води;
- Зниження тиску води нижче допустимого;
- Перевищення температури води на виході з котла;
- Зниження витрати води через котел нижче допустимого;
- Виявлення несправності запобіжного клапана;
- Перевищення тиску газу або падіння тиску газу;
- Відхилення тиску повітря (вище або нижче норми), що подається вентилятором;
- Відключення вентилятора дуттєвого повітря;
- Перевищення температури димових газів;
- Несправності автоматики безпеки, аварійної сигналізації;
- Зникнення напруги.

#### 8.1.2 Компонівка основного і допоміжного обладнання

Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщенні котельні виконано згідно з НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском і передбачає можливість демонтажу і монтажу котлів в умовах діючого виробництва.

Котли встановлюються на відм. 0,00. За кожним котлом встановлюється економайзер типу ECO SPI-4 не відключається по димових газах.

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

75

Всі види ремонтних і профілактичних робіт робити тільки на непрацюючому обладнанні, при відключенні від блокової паливника електричних і газових мереж .



Експлуатувати ( обслуговувати ) електрогосподарство котельні повинен відповідно підготовлений штат електротехнічного персоналу , забезпечений всіма необхідними засобами і обладнанням для виконання ремонтних робіт .

Електромонтажні роботи виконувати згідно з вимогами СНиП 3.05.06-85.

## 8.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії

### 8.2.1 Мікроклімат робочої зони

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища виробничого приміщення, який визначається поєднаними діями на організм людини, температури, вологості, швидкості руху повітря та теплових випромінювань. Отже, основними параметрами мікроклімату є: температура, відносна вологість, швидкість переміщення повітря та інтенсивність теплового випромінювання. Параметри мікроклімату можуть змінюватись у широких межах і істотно впливати на самопочуття та здоров'я працівника продуктивність та якість його праці. Людина постійно знаходиться в процесі теплової взаємодії з навколишнім середовищем.

Параметри мікроклімату діють на організм людини комплексно. Параметри мікроклімату нормуються по ДСН 3.3.6.042-99 (Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони) залежно від тяжкості виконуваних робіт і періоду року.

Відповідно до цього нормовані параметри зводимо в табл. 10.1

Таблиця 8.1 - Допустимі і оптимальні параметри температури повітря, відносної вологості і швидкості руху повітря

Період року	Оптимальні параметри			Допустимі параметри		
	$t, ^\circ\text{C}$	$\phi, \%$	$V, \text{м/с}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\phi, \%$	$V, \text{м/с}$
Теплий	22-24	40-60	0,2	21-28	$\leq 60$	0,1-0,3
Холодний	21-23	40-60	0,1	20-24	$\leq 75$	0,1-0,2

Технічні рішення для забезпечення вимог норм (регламентуються):

- вентиляція котельного залу на всі періоди року передбачена припливно -витяжна, розрахована на асиміляцію теплонадлишків. Обсяг припливного повітря компенсує об'єм повітря, що надходить на горіння у топки котлів і видаляється витяжною вентиляцією. У котельному залі незалежно від режиму експлуатації забезпечується постійний 3- х кратний обмін;
- для підтримки необхідної температури в приміщеннях котельної в зимовий час в котельній виконується опалювання. Теплоносієм системи опалювання є гаряча вода що йде в систему опалювання від водогрійних котлів;
- проходить зниження викидів забруднюючих речовин за рахунок скорочення витрати палива, застосування досконаліших газоспалюючих пристроїв;

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

78

- димова труба забезпечує розсіювання шкідливих викидів на великі площі.

#### 8.2.2 Заходи по оптимізації складу повітря робочої зони персоналу котельні

Для безпечної роботи в приміщенні котельні встановлюється газоаналізатор. Контроль наявності до-вибухонебезпечної концентрації природного газу в приміщенні котельні, а саме метану ( $\text{CH}_4$ ), а також перевищення концентрації чадного газу ( $\text{CO}$ ) виконується системою газоаналізатора ВАРТА 1-03 ЗАТ "ТЕМІО".

При досягненні загазованості приміщення 10% від нижньої межі займистості природного газу, а також при перевищенні 200 р.р.т. чадного газу, включається попереджувальна сигналізація. При досягненні загазованості приміщення 20% від нижньої межі займистості природного газу спрацьовує газосигналізатор, який приводить в дію швидкодіючий клапан - відсікач на вводі газопроводу. Також передбачається контроль зниження температури в котельні, пожежний контроль (підвищення температури повітря в котельні вище  $70^\circ\text{C}$ ) і охоронна сигналізація.

#### 8.2.3 Заходи по оптимізації виробничого освітлення робочих місць

У котельні передбачені наступні види освітлення:

- робоче освітлення на напрузі 220 В;
- аварійно - евакуаційне на напрузі 220 В;
- ремонтне освітлення на напрузі 12 В.

Підключення щитів освітлення виконано від ТП кабельними лініями по радіальних схемах.

Мережі освітлення захищені від перевантаження і струмів короткого замикання.

Ремонтне освітлення виконується на напрузі 12 В і живиться від мережі аварійного освітлення через знижувальні трансформатори 220/ 12 В.

Проектні рішення по природному, штучному і комбінованому освітленню приміщень та окремих зон відповідають вимогам ДБН В.2.5-28-2018.

#### 8.2.4 Засоби і методи захисту від виробничого шуму

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в котельній передбачені наступні засоби:

для машиніста котлів створене окреме, ізольоване від шуму, приміщення з розміщенням в ньому щитів технологічної сигналізації (щитова);

службово-побутові приміщення захищені від шуму діючого устаткування глухими стінами;

- застосовуються засоби індивідуального захисту від шуму – протишумні навушники;

- зменшення шуму в джерелі шляхом вдосконалення устаткування і експлуатації його в нормальних режимах.

вентилятори і димососи встановлюються за котлом біля стіни будівлі, самої віддаленої від робочих місць обслуговуючого персоналу;

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

79

для зниження рівня звукового тиску в газоході і димовій трубі при швидкості потоку понад 15 м/с встановлюються пластинчаті глушники шуму з напівжорсткої мінеральної плити в оболонці із склотканини і перфорованого листа;

- воздуховоди і вентиляційне устаткування приєднуються за допомогою гнучких вставок.

Рівень звукового тиску від обладнання котельні та викиди шкідливих речовин не перевищують нормативних даних.

Для зниження рівня шуму і для запобігання вібрацій, які можуть передаватися від обладнання (мережеві насоси, насоси циркуляційні) проектом передбачені гнучкі трубопровідні вставки.

#### 8.2.5 Захист від інфрачервоного випромінювання при експлуатації обладнання котельні

Теплові випромінювання від нагрітих предметів та устаткування значно впливають на створення несприятливих мікрокліматичних умов у виробничих приміщеннях. Крім того, теплові (інфрачервоні) випромінювання також впливають на організм людини. Ефективність такого впливу залежить від густини потоку енергії інфрачервоних випромінювань, довжини хвилі, тривалості і зони (області) впливу.

Останній може бути загальним і локальним.

Інтенсивність теплового опромінювання людини від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсоляції на постійних і непостійних робочих місцях не повинна перевищувати 35 Вт/м<sup>2</sup> у разі опромінення 50% поверхні тіла і 70 Вт/м<sup>2</sup> - у разі опромінення від 25 до 50% та 100 Вт/м<sup>2</sup> - у випадку опромінення до 25% поверхні тіла. Інтенсивність теплового опромінювання працюючих від відкритих джерел (нагрітий метал, скло, "відкрите" полум'я тощо) не повинна перевищувати 140 Вт/м<sup>2</sup>, при цьому опроміненню не повинно підлягати більше 25% поверхні тіла, і обов'язковим є використання засобів захисту обличчя та очей.

Для забезпечення допустимих параметрів теплових (інфрачервоних) випромінювань в котельній проектом передбачені наступні засоби і методи захисту:

- в котельній виконується теплова ізоляція технологічного обладнання, що має температуру >45 °С. [3];

- використання засобів захисту обличчя та очей;

- для поповнення водного балансу персонал отримує підсолену газовану воду з розрахунку 4-5л на зміну;

- обов'язкове забезпечення персоналу спецодягом.

#### 8.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Безпека в надзвичайних ситуаціях (БНС) регламентується планами локалізації та ліквідації аварій експлуатації (ПЛАС). Одними з основних складових є розробка технічних рішень та

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

80



організаційних заходів щодо оповіщення, евакуації та дій персоналу котельні у разі виникнення надзвичайної ситуації (НС), а також визначення основних заходів з питань пожежної безпеки.

### 8.3.1 Обв'язки та дії персоналу у разі виникнення НС

У разі виникнення НС працівники зобов'язані діяти тверезо й спокійно, не панікувати, точно й оперативно слідувати вказівкам керівництва підприємства, осіб, відповідальних за цивільний захист (цивільну оборону) та техногенну безпеку, протипожежну безпеку, охорону праці, а також представників ДСНС та державної пожежної охорони.

У випадку виникнення НС кожний працівник мусить:

припинити роботу (якщо це дозволено технологічним процесом виробництва);

якнайшвидше сповістити про НС керівника та відповідальну посадову особу;

приступити до ліквідації (локалізації) НС наявними засобами;

за необхідності викликати підрозділи ДСНС.

Керівництво підприємства, а також особи, відповідальні за цивільний захист (цивільну оборону) та техногенну безпеку, протипожежну безпеку, охорону праці, зобов'язані в разі виникнення НС:

перевірити та продублювати повідомлення про НС, довести це до відома керівника підприємства;

оцінити умови, з'ясувати кількість і місцезнаходження людей, за потреби вжити заходів щодо оповіщення працівників, населення про НС;

під час загрози для життя людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили й засоби;

забезпечити виведення з небезпечної зони людей, які не беруть безпосередньої участі в ліквідації НС;

обмежити допуск людей та транспортних засобів до небезпечної зони;

у разі необхідності виконати: відключення електроенергії (за винятком систем протипожежного захисту), зупинку транспортувальних пристроїв, агрегатів, апаратів, перекриття сировинних, газових комунікацій, зупинку систем вентиляції в аварійному приміщенні (за винятком пристроїв протидимового захисту) та вжити інших заходів, що сприяють ліквідації (локалізації) НС;

організувати надання медичної допомоги потерпілим, харчування та відпочинок осіб, які беруть участь у ліквідації НС;

У разі дій щодо локалізації (ліквідації) наслідків НС потрібно:

постійно враховувати реальні можливості й ресурси підприємства, накопичений персоналом підприємства досвід дій під час НС, ступінь небезпеки для життя та здоров'я людей, довкілля;

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

81

організувати оповіщення й зустріч підрозділів ДСНС та інших служб, забезпечити узгодженість дій персоналу підприємства й підрозділів аварійно-рятувальної, медичної та інших служб;

у випадку необхідності організувати евакуацію персоналу (частини персоналу) та матеріальних цінностей.

На особу, відповідальну за стан цивільного захисту (цивільної оборони) та техногенної безпеки на підприємстві, покладають:

оповіщення працівників, уточнення даних про транспортні засоби, що виділяються для евакуації, термін їхньої подачі, маршрути та порядок руху;

організацію й контроль посадки евакуйованих працівників на транспортні засоби та відправку колон;

інформування керівництва підприємства та вповноважених органів влади про хід евакуації

Посадові особи, на яких чинними нормативно-правовими актами покладаються обов'язки щодо локалізації (ліквідації) аварійної ситуації (аварії), несуть відповідальність згідно із законодавством.

8.3.2 Вимоги щодо організації ефективної роботи системи оповіщення виробничого персоналу при НС

Для підвищення безпеки в надзвичайних ситуаціях (НС) пропонується встановлення системи оповіщення (СО) виробничого персоналу.

Оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення НС, наприклад при пожежі, здійснюється відповідно до вимог ДБН В.2.5-56-2014.

Оповіщення про НС та управління евакуацією людей здійснюється одним з наступних способів або їх комбінацією:

поданням звукових і (або) світлових сигналів в усі виробничі приміщення будівлі з постійним або тимчасовим перебуванням людей;

трансляцією текстів про необхідність евакуації, шляхи евакуації, напрямок руху й інші дії, спрямовані на забезпечення безпеки людей;

трансляцією спеціально розроблених текстів, спрямованих на запобігання паніці й іншим явищам, що ускладнюють евакуацію;

ввімкненням евакуаційних знаків "Вихід";

ввімкненням евакуаційного освітлення та світлових показчиків напрямку евакуації;

дистанційним відкриванням дверей евакуаційних виходів.

Як правило, СО вмикається автоматично від сигналу про пожежу, який формується системою пожежної сигналізації або системою пожежогасіння. Також з приміщення оперативного (чергового) персоналу СО (диспетчера пожежного поста) слід передбачати можливість запуску СО

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

82

вручну, що забезпечує надійну роботу СО не тільки при пожежі, а і у разі виникнення будь-якої іншої НС.

Згідно з вимогами ДБН В.1.1-7:2016 (Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги) необхідно забезпечити можливість прямої трансляції мовленнєвого оповіщення та керівних команд через мікрофон для оперативного реагування в разі зміни обставин або порушення нормальних умов евакуації виробничого персоналу.

Оповіщення виробничого персоналу про НС /пожежу/ здійснюється за допомогою світлових та/або звукових оповіщувачів - обладнуються всі виробничі приміщення.

СО повинна розпочати трансляцію сигналу оповіщення про НС /пожежу/, не пізніше трьох секунд з моменту отримання сигналу про НС /пожежу/.

Пульти управління СО необхідно розміщувати у приміщенні пожежного поста, диспетчерської або іншого спеціального приміщення (в разі його наявності). Ці приміщення повинні відповідати вимогам ДБН В.2.5-56-2014.

Кількість звукових та мовленнєвих оповіщувачів, їх розміщення та потужність повинні забезпечувати необхідний рівень звуку в усіх місцях постійного або тимчасового перебування виробничого персоналу.

Звукові оповіщувачі повинні комбінуватися зі світловими, які працюють у режимі спалахування, у таких випадках:

- у приміщеннях, де люди перебувають у шумозахисному спорядженні;
- у приміщеннях з рівнем шуму понад 95 дБ.

Допускається використовувати евакуаційні світлові показники, що автоматично вмикаються при отриманні СО командного імпульсу про початок оповіщення про НС /пожежу/ та (або) аварійному припиненні живлення робочого освітлення.

Вимоги до світлових показників "Вихід" приймаються відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.

СО в режимі "Тривога" повинна функціонувати протягом часу, необхідного для евакуації людей з будинку, але не менше 15 хвилин.

Вихід з ладу одного з оповіщувачів не повинен призводити до виведення з ладу ланки оповіщувачів, до якої вони під'єднанні.

Електропостачання СО здійснюється за I категорією надійності згідно з "Правилами устрою електроустановок" (ПУЕ) від двох незалежних джерел енергії: основного - від мережі змінного струму, резервного - від акумуляторних батарей тощо.

Перехід з основного джерела електропостачання на резервний та у зворотному напрямку в разі відновлення централізованого електропостачання повинен бути автоматичним.

Тривалість роботи СО від резервного джерела енергії у черговому режимі має бути не менш 24 годин.

Зам. інв.							
Підпис та дата							
Інв. №							
						ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк. 83
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

Тривалість роботи СО від резервного джерела енергії у режимі "Тривога" має бути не менше 15 хвилин.

Звукові оповіщувачі повинні відповідати вимогам ДСТУ EN 54-3:2003 "Системи пожежної сигналізації. Частина 3. Оповіщувачі пожежні звукові\*".

Світлові оповіщувачі, які працюють у режимі спалахування, повинні бути червоного кольору, мати частоту мигтіння в межах від 0,5 Гц до 5 Гц та розташовуватись у межах прямої видимості з постійних робочих місць.

#### Вимоги щодо організації евакуації персоналу при НС

Евакуація має забезпечити захист працюючого персоналу в разі неможливості вжиття інших заходів цивільного захисту під час виникнення надзвичайних ситуацій. Рішення про евакуацію приймається керівником підприємства або особою, яка його заміщує. Підставою для прийняття рішення про практичне здійснення евакуаційних заходів є фактичні показники стану довкілля у випадку надзвичайної ситуації та відповідне рішення Кабінету Міністрів України, органів місцевої державної влади, територіальних органів ДСНС.

У разі евакуації на керівника підприємства покладається:

планування й проведення евакуації працівників;

контроль за плануванням, підготовкою й проведенням евакуаційних заходів;

визначення та підготовка безпечного району для розміщення евакуйованих працівників.

Ширина шляхів евакуації прийнята не менше 1 м, дверей не менше 0,8 м. Відкриття дверей на шляхах евакуації передбачено у бік найближчого евакуаційного виходу, висота проходів і дверей не менше

2м. Двері на сходові клітки, провідні в коридор і назовні, що самозакриваються з ущільненням в притворах. Вихідні двері з котельного приміщення відкриваються назовні.

На видимих і досяжних місцях, ближче до виходів з приміщень встановлені пожежні щити для розміщення первинних засобів пожежогасіння: ручних вуглекислотних вогнегасників ОУ-5 ГОСТ 7276-77, ящики з піском, місткістю 1 м<sup>3</sup>, лопати, лому, багра, сокири, щільної повсті розміром 2х1,5 м.

#### 8.3.3 Пожежна безпека

В котельних небезпека виникнення пожеж пов'язана з наявністю великих кількостей палива (природного газу), різних масел в системах змащування технологічного устаткування і в електротехнічних установках; споживачів електроенергії власних потреб різної потужності і напруги; високих температур теплоносія, газів, поверхонь технологічного устаткування і трубопроводів.

Таким чином, джерела пожежі в котельній:

іскри, що утворюються при коротких замиканнях;

нагрів електроустаткування при його перевантаженні;

Зам. інв.		Підпис та дата		Інв. №		ТП 81мп 28 08 ПЗ						Арк.
												84
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата							

вибух в результаті витоку газу.

Причиною пожежі в котельному відділенні може служити:

самозагорання масла в системах охолодження і змащування  
спалах газоповітряної суміші в котлі.

Будівля котельної виконується з матеріалів, що не згоряють, з важкоспалимим утеплювачем. Для внутрішнього облицювання приміщень застосовують матеріали, що не згоряють.

Виробничий режим будівлі котельної згідно з ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні», додаток А:  
по ступеню пожежної і вибухо-пожежної небезпеки будівля відноситься до  
категорії "Г";

ступінь вогнестійкості - II;

клас відповідальності - П.

Приміщення головного і блокового щита управління:

категорія приміщення –Д

мінімальний ступінь вогнестійкості II.

Приміщення хімводоочистки :

категорія приміщення – В

мінімальний ступінь вогнестійкості –II

клас по вибухо і пожежонебезпеці згідно ПУЕ - П-Па .

Технічні рішення системи запобігання пожежі направлені на запобігання утворення  
горючого середовища і недопущення виникнення джерел запалення:

для продування газопроводів передбачені продувочні свічки і штуцери із запірними  
органами і заглушками для підведення продувочного агента. Обмін забезпечується  
п'ятикратний не більше ніж за 20 хвилин. Трубопроводи для продування газопроводів  
виводяться назовні в місце забезпечуючи умови розсіювання газу на 1 м вище за коника  
будівлі. Проектом передбачені продувочні свічки;

застосування для горючих речовин герметичного устаткування; для цього газопроводи  
виконуються тільки з безшовних або електрозварних труб.

арматура застосовується сталева 1 класу герметичності по ГОСТ 5781-82.

на газопроводах встановлюються: засувка з електроприводом, штуцер для продування,  
швидкодійний замочний орган з дистанційним електричним і ручним керуванням.

в нижній точці газопроводу встановлюється дренажний штуцер із замочним органом  
і пристроєм для установки заглушки. Газопровід забарвлюється в жовтий колір з червоними  
кільцями.

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

85

В цьому розділі були описані рішення по охороні праці при роботі з обладнанням під тиском та дії персоналу в разі надзвичайної ситуації.

## 9 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

### 9.1 Загальні відомості

Ідеєю проекту є реконструкція котельні, з метою економії палива у порівнянні з старими котлами, зменшення викидів забруднювальних речовин (твердих частинок, двоокису сірки, оксидів азоту) та парникових газів в атмосферне повітря, запобігання (мінімізація) забрудненню поверхневих і підземних вод, що є головним завданням в тепловій енергетиці. Застосовано сучасні теплоізолюючі матеріали при будівництві котельні.

Цільова аудиторія – житлово-комунальний сектор, власники будинків, котеджів, які потребують в опаленні та ГВП.

Сучасні газові установки працюють в повністю автоматичному режимі та оснащені пристроями регулювання та безпеки для надійного, ефективного, безпечного функціонування.

Для реалізації проекту необхідно інвестувати 5 млн. грн. Період окупності інвестиційних відрахувань складає 5 років.

### 9.2 Організація проекту

Проект реалізується на базі компанії Ici Caldaie. Компанія належить до теплоенергетичної сфери діяльності та діє на підставі статуту.

Для реалізації проекту планується оренда офісного приміщення, в якому буде працювати команда спеціалістів, також планується закупівля вимірювальних приладів різних типів.

Канва бізнес-проекту моделі наведена в табл. 9.1

### 9.3 Ключові види діяльності проекту

#### 9.3.1 Вид проекту за характером інновації

дослідно-технологічна робота – розробка проекту, впровадження теплоенергетичних рішень, тестування системи

організаційні інновації – впровадження даної технології дозволить зменшити викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище та дасть змогу економити паливо

інше – стартап проект також направлений на економічне та екологічне оздоровлення території.

#### 9.3.2 Спрямованість проекту

розробка теплоенергетичного комплексу, конкурентоспроможного на вітчизняному ринку оновлення вітчизняної технологічної бази (оновлення структури тепlopостачання та гарячого водопостачання).

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

87

Таблиця 9.1 - Канва бізнес-проекту моделі

Ключові партнери Ключовими партнерами є компанія-виробник теплоенергетичного обладнання, компанії-партнери з постачання контрольно-вимірювальних приладів підприємства для запуску проектів, конкуруючі та неконкуруючі підприємства, що залучені до паливно-енергетичного сектору, монтажні та транспортні організації, а також безпосередні споживачі.	Ключові види діяльності Налагодження ринкових відносин з виробниками; впровадження сучасних котлів у промисловий сектор нашої країни	Ціннісні пропозиції Головною цінністю є екологічність котельні, можливість економії палива	Взаємовідносини зі споживачами Кожен споживчий сегмент очікує стабільності у опаленні та ГВП. Разом з цим споживачі розраховують на надійність, прибутковість та екологічність запропонованої технології	Споживчі сегменти Фізичні та приватні особи. Державні та комерційні структури, житлово-комунальний сектор, власники будинків, котеджів
	Ключові ресурси Фінансові, технологічні, інтелектуальні ресурси		Канали збуту Канали збуту можуть бути нульового рівня та однорівневими.	
Структура витрат Бізнес модель передбачає інвестиційні та виробничі витрати, з яких придбання устаткування є найбільш дорогим ключовим ресурсом. Заробітна платня працівникам		Потоки надходження доходів Дохід від реалізації проекту		

економія енергоресурсів (Застосування даної котельні призведе до економії енергоресурсів, за рахунок регулювання відпуску теплоти за температурою навколишнього середовища)

збільшення продуктивності та поліпшення умов праці (котельня може працювати без постійного перебування персоналу)

поліпшення стану навколишнього середовища

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

88



9.3.3 Висновок щодо науково-технічного рівня ідеї  
на рівні кращих світових аналогів (дана технологія не є новою в масштабах світу.)  
Основні бізнес-процеси проекту наведені в табл. 9.2  
Таблиця 9.2 - Основні бізнес-процеси проекту

Група процесів	Бізнес-процес	Ступінь опрацювання бізнес-процесу	
		є реалізованим	буде реалізованим
Розробка продукції	розробка та конструювання продукції		+
	розробка і конструювання процесу		+
	технологічна підготовка виробництва	+	
Вимоги споживачів	дослідження розвитку ринку	+	
	організація маркетингу і продажів		+
Виконання замовлень	забезпечення і матеріально-технічний збут	+	
	планування і управління виробництвом		+
	виробництво продукції	+	
Обслуговування споживача	післяпродажне обслуговування		+
	повернення продукції		+

#### 9.4 Ціннісні пропозиції та споживачі

Ціннісна пропозиція – сукупність переваг, які проект може запропонувати споживачу.

##### 9.4.1 Характер формування соживчої цінності проекту

здешевлення задоволення існуючих потреб (економія палива у опаленні на гарячому водопостачанні);

формування та задоволення нових потреб (одним із напрямів розвитку даного стартап-проекту є задоволення потреб у теплопостачанні);

Зміст ідеї проекту наведені в табл. 9.3, аналіз ідеї проекту - в табл. 9.4, технологічний аудит ідеї проекту – в табл. 9.5, SWOT-аналіз проекту – в табл. 9.6, взаємовідносини зі споживачами та канали збуту – в табл. 9.7,

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

89

Таблиця 9.3 - Зміст ідеї проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Сегменти споживачів	Цінність для споживачів
Створення сучасної котельні для економного та екологічного використання для цілей теплопостачання та гарячого водопостачання	Виробництво теплової енергії для покриття потреб	Фізичні та приватні особи. Державні та комерційні структури, житлово-комунальний сектор, власники будинків, котеджів	Економія палива (грошей) для цілей теплопостачання, екологічно безпечні установки

Таблиця 9.4 - Аналіз ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	Продукція конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Конкурент			
Розташування	Близьке	Віддалене	-	-	Відсутність проблем з транспортуванням
Характер поставок	Оптові поставки, прямі договори	Оптові посередницькі поставки	-	-	Процес поставок не займає багато часу
Вид продукції	Теплова енергія	Теплова енергія		Продукція є однаковою	Сировина місцевого походження
Якість	Висока	Середня	-	-	Визначено за результатами попередніх аналізів
Виконання робіт	Будівництво на об'єкті	Будівництво на об'єкті			Відсутність будівельного сміття, і т.д.

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

90

Таблиця 9.5 - Технологічний аудит ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Регулювання відпуску теплоти за температурою навколишнього середовища	Встановлення сучасних контрольно-вимірювальних приладів, системи керування «розумний будинок»	Наявна	У якості ядра технологічного комплексу з виготовлення вторинної сировини
Розробка теплових схем	За даними, які надаються замовником створюється індивідуальна розробка теплової схеми		Інтелектуальна власність компанії, яка передається замовнику після оплати.

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: проект буде виготовлено за вже відомою технологією, що знайшла широкого розповсюдження у провідних країнах світу. Як наслідок, дану технологію розробляти не потрібно, проте існує вірогідність у її доопрацюванні та налаштуванні під українські реалії. Авторам проекту дана технологія може бути доступною за наявності належного фінансування.

Таблиця 9.6 - SWOT-аналіз проекту

<p><i>Сильні сторони (S):</i></p> <p>Процес поставок сировини для котів не вимагає багато часу</p> <p>Відсутність обслуговуючого персоналу</p> <p>Наявність дистанційного керування</p>	<p><i>Слабкі сторони (W):</i></p> <p>Висока вартість</p>
<p><i>Можливості (O):</i></p> <p>Виробництво конкурентноспроможної продукції</p> <p>Зменшення шкідливих викидів у навколишнє середовище</p>	<p><i>Загрози (T):</i></p> <p>Стрибки курсу валют</p> <p>Посилення конкуренції</p>

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

91

Таблиця 9.7 - Взаємовідносини зі споживачами та канали збуту

№	Сегмент споживачів	Особливості поведінки	Вимоги споживачів	Канали збуту	Інші аспекти взаємовідносин
1.	Фізичні особи	Низькі експлуатаційні затрати	-низька собівартість продукції - висока якість	Нульового рівня	
2.	Багатосторонні платформи (державні підприємства та забудови; підприємства теплопостачання та виробництва електроенергії)	Необхідність технології зарекомендувати себе як надійну, ефективну та прибуткову можливість відпуску теплоти	-близькість від інженерних мереж -стабільність виробництва теплової енергії -екологічна безпека введення даної технології	Може бути однорівневий канал збуту, тобто тепла енергія буде передаватись у власність підприємству енергетичного сектору, а потім продаватись її безпосередньому споживачу	Монополізація енергетичного сектору є несприятливою для розвитку проекту в даному напрямі. Для цього необхідно розробити комплекс маркетингових заходів

### 9.5 Обґрунтування ресурсів та витрат проекту

Визначення ціни наведено в табл. 9.8, визначення обсягу виробництва продукції – в табл.9.9, розрахунок загальних початкових інвестиційних витрат – в табл. 9.10, розрахунок виробничих витрат – в табл. 9.11, розрахунок загальних витрат на реалізацію проекту по роках – в табл. 9.12, план робіт та партнери проекту – в табл. 9.13,

Таблиця 10.8 - Визначення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на продукцію	Розрахункова ціна продукції
500000-700000грн	800000 грн	120000 грн/міс	В залежності від комплектації	5 млн

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

92

Таблиця 9.9 - Визначення обсягу виробництва продукції

Показник	Значення по роках				
	2019	2020	2021	2022	2023
Загальна потреба в продукції	Неможливість надання даних				
Можливі річні обсяги випуску в натуральних показниках	Неможливість надання даних				
Ціна одиниці продукції (грн)	1500000	1500000	1500000	1500000	1600000
Річні обсяги випуску в вартісних показниках (тис. грн.)	320000	6000000	9500000	1550000	1850000

Таблиця 9.10 - Розрахунок загальних початкових інвестиційних витрат

Назва етапу	Строки виконання	Обсяги фінансування, тис. грн.
Проведення досліджень	2 місяці	300
Придбання устаткування	3 місяці	2510
Організація діяльності та запуск проекту	5 місяців	3596
Витрати на управління	1 місяць	350
Початкові виробничі витрати	1 місяць	520
Інші витрати	-	700
<i>Разом</i>	12 місяців	7976

Таблиця 9.11 - Розрахунок виробничих витрат

Стаття витрат	Сукупні витрати за період, тис. грн.				
	2019	2020	2021	2022	2023
Загальногосподарські витрати	120	135	200	285	430
комунальні витрати	280	300	375	500	640
Витрати на матеріальні ресурси (комплектуючі, сировина)	270	280	290	300	310
Витрати на оплату праці	300	330	350	380	400
Інші витрати (якщо є)	500	500	500	500	500
<i>Разом:</i>	1920	2000	2175	2430	2750

Зам. інв.

Підпис та дата

Інв. №

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

93

Таблиця 9.12 - Розрахунок загальних витрат на реалізацію проекту по роках

Показник	Значення по роках					Разом
	2019	2020	2021	2022	2023	
Інвестиційні витрати	7976	8000	8000	8000	8000	39976
Виробничі витрати	1920	2000	2175	2430	2750	11275
Обсяг загальних витрат, в тому числі за рахунок	19205	1789	1870	1965	2050	26879
власних коштів	-	1789	1870	1965	2050	7674
коштів інвестора	19205	-	-	-	-	19205

Таблиця 9.13 - План робіт та партнери проекту

Бізнес-процес проекту	Термін виконання	Виконавець, співвиконавці	Результат
Розробка та конструювання продукції	5 місяців	Спільні підприємства для запуску проектів	Розроблений вид продукції
Розробка і конструювання процесу		Спільні підприємства для запуску проектів	Розроблений процес виготовлення продукції
Технологічна підготовка виробництва		Спільні підприємства для запуску проектів	Підготовлене виробництво
Розробка та реалізація теплових схем	0,5 місяців	Спеціаліст, який відповідає за складання технічної документації	Готове рішення теплової схеми
Будівництво комбінованої котельні	1 місяць	Монтажна організація	Готова комбінована котельня
Гарантійне обслуговування	24 місяці	Компанія виробник	Контроль експлуатації обладнання

Визначення крапки беззбитковості проекту. Точка беззбитковості відображає обсяг виробництва інноваційної продукції, при досягненні якого виручка від реалізації покриває сумарні витрати на її виробництво. Розрахунок точки беззбитковості проводиться за формулою:

						ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
							94
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

$$T_{\text{б}} = \frac{C}{P - V},$$

де  $C$  – постійні витрати на весь обсяг продукції (ті, які не залежать від обсягу виробництва продукції – загальногосподарські витрати та витрати на оплату праці, визначені в п. 9.4);

$P$  – ціна одиниці продукції;

$V$  – змінні витрати на одиницю продукції (ті, які пропорційно залежать від обсягу виробництва продукції – витрати на матеріальні ресурси, визначені в п. 9.4).

Зробити висновок про те, скільки часу необхідно для досягнення рівня беззбитковості за проектом. Сукупні витрати наведені в табл. 9.14

Таблиця 9.14 – Сукупні витрати

Стаття витрат	Сукупні витрати за період, тис. грн.				
	2019	2020	2021	2022	2023
Загальногосподарські витрати	50	60	60	65	65
Витрати на оплату праці	100	140	160	200	220
Сума	150	200	220	265	285
Постійні витрати на весь обсяг продукції ( $C$ )	661	665	657	728	768
Ціна одиниці продукції ( $P$ ), тис грн/од	1500000	1520000	1550000	160000	1650000
Можливі річні обсяги випуску в натуральних показниках, од/рік	2	4	6	8	10
Змінні витрати на одиницю продукції ( $V$ ), грн/кг	200	210	230	250	255
Точка беззбитковості, од	1	1	1	1	1

Рівень беззбитковості за проектом може бути досягнений у перший же рік введення проекту в дію.

Формування грошового потоку від реалізації проекту. Чистий дисконтований дохід (NPV, Net Present Value) – це різниця між надходженнями за весь період інноваційного проекту та інвестиціями в проект.

Показник	Значення по роках					Разом
	2019	2020	2021	2022	2023	
Надходження від проекту (виручка від реалізації продукції, послуг –	3200000	6000000	9500000	15500000	18500000	5270000

Зам. інв.	
Підпис та дата	
Інв. №	

						ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
							95
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

див. п. 7.2) (D)						
Загальні витрати (див. п. 7.5) (I), в тому числі	19205	1789	1870	1965	2050	26879
Грошовий потік (3 = 1 – 2) (CF)	-12050	269610	283800	240350	269500	1051210
Акумуляований грошовий потік (ACF)	378000	3350000	6480000	9832000	13478000	33518000

$NPV = 1051210 > 0$  протягом розрахункового періоду – інноваційний проект доцільно прийняти.

Розрахунок індексу рентабельності інвестицій в проект (ROI, Return On Investment) характеризує рівень грошового потоку, що припадає на одиницю інноваційних витрат і обчислюється за формулою:

$$\text{інвестиція здійснюється одноразово: } ROI = \sum_T D_t / I,$$

де  $D_t$  – надходження у відповідному періоді,

$I$  – разова інвестиція.

$$ROI = \frac{52700000}{1051210} = 50,1.$$

$ROI = 50,1 > 1$  – інноваційний проект доцільно прийняти. Чим більшим є значення цього показника, тим вищою є віддача кожної грошової одиниці, інвестованої в інноваційний проект. Критерій ROI використовують при виборі певного проекту із декількох альтернативних, у яких NPV приблизно однакові.

Період окупності інвестицій ( $T_{ок}$ ) – це розрахунковий термін від початку реалізації проекту, починаючи з якої акумуляований грошовий потік (ACF) приймає стійке позитивне значення. Іншими словами, це – період, починаючи з якого первинні вкладення і інші витрати, пов'язані з інвестиційним проектом, покриваються сумарними результатами його здійснення.

$$\text{Термін окупності розраховується за формулою: } T_{ок} = t + \frac{|ACF_{t-}|}{|ACF_{T-}| + |ACF_{T+}|},$$

де  $t$  – останній період реалізації проекту, при якому акумуляований грошовий потік (різниця накопиченого доходу і витрат) приймає від'ємне значення;

$ACF_{t-}$  – це остання від'ємна різниця накопиченого доходу та витрат (грн.);

$ACF_{t+}$  – це перша позитивна різниця накопиченого доходу та витрат (грн.).

Зам. інв.	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 81мп 28 08 ПЗ

Арк.

96



9.6 Висновки з розділу 9

За розглянутими пунктами можна побачити, що даний проект є прибутковим, а найголовніше, – ефективним рішенням з питань теплопостачання та гарячого водопостачання будівель. Період окупності інвестиційних відрахувань складає 5 років. Впровадження даної технології дозволить покращити екологічну ситуацію, що пов’язана із зменшенням викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище. Розвиток даного проекту дозволить в подальшому знизити витрати палива для потреб теплопостачання.

Інв. №	Підпис та дата	Зам. інв.							ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
										97
			Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації була виконана реконструкція опалювальної водогрійної котельні в м. Луцьку, що виробляє теплоту на опалення та гаряче водопостачання для групи житлових будинків. В результаті розрахунків теплових навантажень були отримані теплові втрати одного будинку з житлового масиву, який є безпосереднім споживачем теплової енергії котельні. Для отриманого навантаження була розроблена теплова схема котельні, за якою було підібране необхідне основне обладнання.

Витрати теплоти на опалення, які отримані згідно розрахунку, складають 1,27 МВт.

Витрати теплоти на гаряче водопостачання, які отримані згідно розрахунку, складають: середня за опалювальний період -  $Q_{г.в.сер} = 192,94$  кВт; річна - 3637,44 МДж/рік.

В результаті розрахунку теплової схеми котельні було визначено теплове навантаження на котельню при роботі на газі.

Визначена витрата води на підживлення теплової мережі та витрати сировини і хімічно підготовленої води.

Також визначені витрати води і її температури за всіма потоками теплової схеми котельні.

За сумарним тепловим навантаженням при роботі на твердому паливі і газі обрані наступні типи та кількість котлів:

- газовий котел фірми «IciCaldae» типу Greeno X.E70 з номінальним навантаженням  $Q_k^{ном} = 0,7$  МВт – 3 компл.

Були підібрані два мережних насоси (один – робочих і один – резервний), Wilo IL 65/160-7.5/2; насосна станція підживлення Wilo CO-2 HELIX V 406/CE (один – робочий, один – резервний), насос ГВП Wilo-IP-E 8/65-1,5/2 (1 робочий, 1 резервний).

Для даної водогрійної котельні були підібрані мережні насоси, насоси для підживлення, насоси ГВП.

Розраховані річні витрати природного газу на котельню.

У розділі з охорони праці розглянуті питання, що характерні, розглянуто організаційні заходи щодо загазованості та запиленості повітря, безпеки в надзвичайних ситуаціях, електробезпеки, пожежобезпеки.

Розроблений старап-проект, де доведено, що даний проект є прибутковим, а найголовніше, – ефективним рішенням з питань тепlopостачання та гарячого водопостачання будівель.

Зам. інв. №							
Підпис та дата							
Інв. №							
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата	ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
							98

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. СНіП 2.04.05-91\*У Отопление, вентиляция и кондиционирование. Издание неофициальное, Киев. : КиевЗНИИЭП, 1996. – 89 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – Чинний від 2011 – 11 – 01. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
3. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти”: Навч. посіб./ М.Ф.Боженко, В.П.Сало, – К.: ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2004. – 192 с.
4. Алабовский О.М. и др. „Проектирования котельных промышленных предприятий”. Навч. посіб./О.М. Алабовський, М.Ф. Боженко, Ю.В. Хоренженко.- К.: Вища шк., 1992. – 207с.: іл.
5. ДБН В.2.5-77:2014 Котельні
6. ДБН В.2.6-31:2006 зі зміною №1 від 1 липня 2013 року. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Чинні від 2007 – 04 – 01. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2006. – 70 с.
7. Краснощеков Е.А. „Задачник по теплопередаче”: Учебн. пособие для вузов./ Е.А. Краснощеков, А.С. Сукомел – 4-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1980. - 288 с., ил.
8. Ривкин С.Л. „Теплофизические свойства воды и водяного пара”./ С.Л. Ривкин, А.А. Александров – М.: Энергия, 1980. – 424., ил.
9. Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок./ О.В.Лифшиц. - М.: Энергия ,1976. – 287 с.
10. ДБН В2,5-28-2006. Державні будівельні норми. Природне і штучне освітлення.
11. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
12. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
13. СНіП 2.01.02-85. Протипожежні норми проектування будівель і споруд.
14. Жидецький В.Ц., «Основи охорони праці», / В.Ц. Жидецький, В.С.Джигирей, О.В. Мельніков. - Львів: «Афіша», 2000. – 150 с.
15. Жидецький В.Ц. «Практикум із охорони праці»./ В.Ц. Жидецький, В.С.Джигирей, В.М. Сторожук, Л.В. Туряб, Х.І. Лико, Львів «Афіша», 2000р.

Зам. інв. №								
Підпис та дата								
Інв. №								
							ТП 81мп 28 08 ПЗ	Арк.
								99
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата			